

Jarno Pakkanen

## **Viistesahan liikkeiden ohjaus**

Opinnäytetyö

Syksy 2009

Tekniikan yksikkö

Tietotekniikan koulutusohjelma

Mekatroniikan suuntautumisvaihtoehto



## SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

### Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Tietotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Mekatroniikan suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Pakkanen Jarno

Työn nimi: Viistesahan liikkeiden ohjaus

Ohjaaja: Ristimäki Niko

Vuosi: 2009

Sivumäärä: 44

Liitteiden lukumäärä: 7

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy:lle. Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy on erikoistunut teollisuuden automaatio- ja sähköprojekteihin. Yrityksen päätoimipiste sijaitsee Karijoella ja sivutoimipiste Seinäjoella.

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada Finnlamelli Oy:lle toimitetun viistesahan liikkeet automaattisiksi. Liikkeiden paikoituksiin käytettiin paikoittavia taajuusmuuttajia joilla ohjattiin tavallisia oikosulkumoottoreita takaisinkytkennän avulla. Viistesahan liikkeiden ohjearvot tulivat Jkos Oy:n toimittamasta CAD-sovelluksesta, OPC-palvelimen välityksellä. Työhön kuuluu logiikkaohjelman teko, kenttäväylien testaus, laitteiden parametointi, käyttöönotto, testaus ja käyttäjäkoulutus.

Työssä kerrotaan käytettyjen laitteiden ja komponenttien toiminnasta ja ominaisuuksista. Pulssianturit, oikosulkumoottorit, taajuusmuuttajat, ohjelmoitava logiikka, ohjauspaneeli ja Profibus-kenttäväylä ovat työn tärkeimpiä käsiteltäviä asioita.

Asiasanat: takaisinkytkentä, taajuusmuuttaja, pulssianturi

## SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

### **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology  
Degree programme: Information Technology  
Specialisation: Mechatronics

Author: Jarno Pakkanen

Title of thesis: Controlling the manoeuvres of a bevelsaw

Supervisor: Niko Ristimäki

Year: 2009

Number of pages: 44

Number of appendices: 7

---

This thesis was made for Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy. Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy has specialized into the electrical and automation projects of industry. The main office of the company is located at Karijoki and a branch office at Seinäjoki.

The main target of this thesis was to automate the manoeuvres of a bevelsaw which was delivered to Finnlamelli Oy. The positioning of these manoeuvres was made by frequency converters which were controlling the basic inductor motors with the help of a closed loop motor output. The base values for the manoeuvres came, through an OPC server, from a CAD application that was made by Jkos Oy. The thesis includes programming, fieldbus testing, device parametrization, implementing, testing and user training.

The features and functions of the devices, which were used in the work, are introduced in this thesis. The most important issues of this thesis are pulse sensors, induction motors, frequency converters, programmable logic controllers, user panels and a Profibus fieldbus.

Keywords: closed loop motor output, frequency converter, pulse sensor

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ .....	4
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	6
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	7
1 JOHDANTO .....	9
1.1 Työn taustaa .....	9
1.2 Työn tavoitteet.....	10
1.3 Yritysesittely .....	11
2 VALOSÄHKÖINEN PULSSIANTURI.....	12
3 OIKOSULKUMOOTTORI .....	14
3.1 Yleistä oikosulkumoottorista.....	14
3.2 Rakenne.....	14
3.3 Toiminta .....	15
4 OHJELMOITAVA LOGIIKKA.....	17
4.1 Yleistä .....	17
4.2 Siemens 315-2DP PLC .....	17
5 TAAJUUSMUUTTAJA.....	19
5.1 Yleistä taajuusmuuttajista .....	19
5.2 Taajuusmuuttajien ohjaus- ja säätötavat.....	22
5.2.1 Ohjaus ja säätö .....	22
5.2.2 Skalaariohjaus ja säätö .....	22
5.2.3 Vektorisäätö .....	23
6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS .....	25
6.1 Suunnittelu .....	25
6.2 Kokoonpanon rakenne .....	25
6.3 Profibus-kenttäväylä.....	27
6.4 Unidrive SP-taajuusmuuttaja.....	27
6.4.1 Unidrive SP:n parametointi .....	28

6.5 Oikosulkumoottori ja pulssianturi.....	32
<b>7 LOGIIKKAOHJELMA .....</b>	<b>35</b>
7.1 Siemens S7.....	35
7.1.1 HW-konfigurointi .....	35
7.2 Käsiajot .....	36
7.2.1 Teräpöydän pyöritys .....	36
7.2.2 Teräpöydän sivuttaisliike.....	37
7.2.3 Vastaanottava mittavaste.....	37
7.3 Automaattiajo .....	38
7.4 Käyttöliittymä.....	39
<b>8 YHTEENVETO.....</b>	<b>44</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>45</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>47</b>

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>CAD</b>	Tietokoneavusteinen suunnittelu. (TEPA 2009.)
<b>CPU</b>	Suoritin tai prosessori. Logiikan osa, joka suorittaa ohjelman sisältämiä konekielisiä käskyjä. (TEPA 2009.)
<b>Ethernet</b>	Yleisin pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu. (Industrial communication 2008.)
<b>Hiperface</b>	Takaisinkytkettyihin säätöjärjestelmiin kehitetty liittymärajapinta. (SICK 2000.)
<b>Hz</b>	Hertsi. Taajuuden yksikkö. (TEPA 2009.)
<b>kW</b>	Kilowatti, 1 kilowatti vastaa 1000 Wattia. (TEPA 2009.)
<b>OPC</b>	Open connectivity via open standards, avoimen tiedonsiirron standardi. (Industrial communication 2008.)
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka. (Siemens AG 2008.)
<b>Profibus</b>	Process Field Bus, kenttäväyläteknikka. (Industrial communication 2008.)
<b>SinCos</b>	Inkrementtisia signaaleja. (SICK 2000.)

## Kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Pulssianturin rakenne .....	13
Kuva 2. Oikosulkumoottorin rakenne .....	15
Kuva 3. 315-2DP-keskusyksikkö.....	18
Kuva 4. Vektorisäädön matemaattinen malli.....	19
Kuva 5. Kuormakommutoitu taajuusmuuttaja.....	20
Kuva 6. Jännitevälipiiritaajuusmuuttaja .....	21
Kuva 7. Virtavälipiiritaajuusmuuttaja .....	21
Kuva 8. Skalaarisäädön periaatekuva.....	23
Kuva 9. Vektorisäädön periaatekuva. ....	24
Kuva 10. Laitekoonpanon rakenne.....	26
Kuva 11. Moottoriparametrien asetussivu.....	29
Kuva 12. Pulssianturin asetussivu. ....	30
Kuva 13. Ensimmäisen lisäkorttipaikan asetussivu.....	30
Kuva 14. Profibus-kortin asetussivu.....	31
Kuva 15. Paikoitusliikkeiden skaalausasetukset. ....	32

Kuva 16. Tulo- ja lähtöporttien asetukset.....	32
Kuva 17. Suljettu, takaisinkytketty säätöjärjestelmä.....	34
Kuva 18. Teräpöytä ylhäältä katsottuna.....	36
Kuva 19. Teräpöytä sivulta katsottuna.....	37
Kuva 20. Automaattiajon vuokaavio.....	39
Kuva 21. Viistesahan käsiajosivu.....	41
Kuva 22. Vastaanottavan mittavasteen käsiajosivu.....	42
Kuva 23. Nollapisteiden asetussivu.....	43
Kuva 24. Resetointisivu.....	43
Taulukko 1. S7-315-2DP:n ominaisuuksia.....	18
Taulukko 2. DT / DV-oikosulkumoottorien ominaisuuksia.....	34



# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada viistesahan liikkeet automatisoitua CAD-ohjelmiston antamien paikoitustietojen mukaan. Työ suoritettiin Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy:n toimeksiantona.

Kirjallinen osuus sisältää työssä käytettyjen komponenttien toimintaa, parametroitua sekä ohjelmointia. Kirjallinen osuus antaa lukijalle myös selkeän kuvan koko laitteiston toiminnasta.

## 1.1 Työn taustaa

Alajärvellä sijaitseva Kujakon Oy tilasi Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy:ltä hirrentyöstölinjan sähköistyksen ja automatisoinnin. Hirrentyöstölinjan tarkoituksena on valmistaa, 1-12 metrin lamellihirsiaihiosta, työstettyjä hirsitalon osia suoraan kokoonpanoon.

Linjasto koostuu neljästä pääkoneesta, rulla- sekä ketjukuljettimista. Pääkoneista ensimmäinen on viistesaha, jonka ohjausta tässä opinnäytetyössä käsitellään. Muita pääkoneita ovat:

- nurkkakone
- porayksikkö
- aukkosaha

Viistesahan liikkeiden paikoituksissa käytetään normaaleja vaihteellisia oikosulkumoottoreita, jotka ovat suljetussa, takaisinkytketyssä säätöjärjestelmässä. Paikoitustarkkuus takaisinkytketyllä vektorikäytöllä on hieman epätarkempi kuin servoilla, mutta tässä kohteessa sen tarkkuus on riittävä. Takaisinkytketty vektorikäyttö on myös edullisempi vaihtoehto servoon verrattuna.

## 1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on saada viistesahan liikkeet paikoitettua tarkasti CAD-ohjelmiston antamien hirsiaihiokohtaisten paikoitustietojen mukaan. Viistesahan liikkeet muodostuvat kolmesta eri liikkeestä:

katkaisusahan teräpöydän pyörimisliike

- Katkaisusahan leikkauskulmaa voidaan säätää nolasta asteesta 140 asteeseen teräpöytää pyörittämällä.

viistesahayksikön sivuttaisliike

- Koko viistesahayksikköä voidaan siirtää hirsiaihion tulosuuntaan nähden vasemmalta oikealle.

vastaanottava mittavaste

- Viistesahan jälkeisen rullakuljettimen päällä kulkee mittavaste, jota vasten hirsiaihiio voidaan pysäyttää haluttuun mittaan terälinjasta.

CAD-ohjelmisto välittää paikoitustiedot OPC-palvelimelle, josta logiikka välittää paikoituksien ajoitukset ja mittatiedot paikoituskäytölle. Tavoitteena on myös, että viistesahan liikkeitä voidaan ohjata käsiajolla käyttöpaneelistä käsin. Liikkeiden äärirajoja seurataan mekaanisilla päätyraja-antureilla. Liikkeiden nopeuksien ja paikkatietojen tulee myös olla syötettävissä käyttöpaneelistä.

### 1.3 Yritysesittely

Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy on perustettu vuonna 1994. Se on erikoitunut teollisuuden sähköistys- ja automatisointiprojekteihin. Tällä hetkellä yrityksessä työskentelee kahdeksan alan ammattilaista. (Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy 2009.)

Yritys toimii Karijoella ja Seinäjoella. Päätoimipaikka sijaitsee Karijoella ja sivukonttori Seinäjoella. Työkohteet sijaitsevat ympäri Suomea, sekä joissain Euroopan maassa. (Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy 2009.)

Suupohjan Teollisuusautomaatiolla on pitkäaikainen kokemus erilaisista teollisuudenalojen sähkö- ja automaatioprojekteista, joihin se toimittaa sähköistyksen ja automatisoinnin avaimet käteen periaatteella. (Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy 2009.)

Toimitussisältöön kuuluu suunnittelu, moottorihjauskeskusten valmistus, ohjelmointi, asennus, käyttöönotto ja käyttäjä- ja huoltokoulutus. Lisäksi yritys huolehtii laitteistojen jälkihuollosta ja kunnossapidosta. (Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy 2009.)

## 2 VALOSÄHKÖINEN PULSSIANTURI

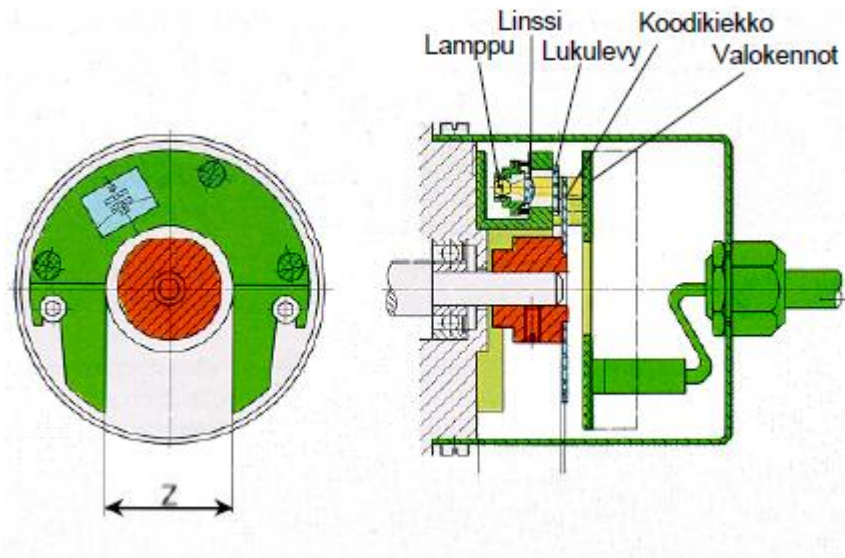
Tärkeimmät valosähköiset pulssianturityypit ovat inkrementtianturi, jota yleisesti kutsutaan pulssianturiksi, sekä absoluuttikulma-anturi. Inkrementtianturi vertaa liikkeen muutosta lähtöasemasta ja laskee tästä asemansa, kun taas absoluuttianturi tietää koko ajan asemansa, eikä tällöin vaadi referenssipisteessä käyntiä. Molemmat anturityypit koostuvat pyörivästä akselist, kotelosta ja sähköisestä liitännästä. (Kopponen 2003.)

Yksinkertaisen valosähköisen pulssianturin kotelon sisällä on hilakiekk, joka pyörii valonlähteen ja valontunnistimen välissä. Hilakiekkoon on sijoitettu valoa läpäiseviä ja läpäisemättömiä sektoreita. Sektorien määrä hilakiekkossa on suoraan verrannollinen pulssianturin tarkkuuteen. Suuri määrä sektoreita hilakiekkossa tarkoittaa hyvää kiertymän mittaustarkkuutta. Tyypillinen erottelukyky on 100 - 2500 pulssia/kierros. Tarkkuutta lisättäessä sektorien määrän kasvu aiheuttaa myös sen, että hilakiekkon halkaisija kasvaa. Valonlähteenä käytetään yleensä infrapuna- valoa. (Kopponen 2003.)

Jotta myös anturin pyörimissuunta voitaisiin tunnistaa, tarvitaan kaksi valokennoa peräkkäin tai kaksi sektorikiekkoa ja kaksi rinnakkaista valokennoa. Ulostulopulssit ovat 90 asteen vaihesiirrossa toisiinsa nähden. Antureiden sisältämän elektronikan avulla sinimuotoisesta ulostulojännitteestä saadaan puhdasta suorakaideaaltoa. Inkrementtiantureiden huonona puolena voidaan pitää sitä että järjestelmää käynnistettäessä on aina laskurille opetettava referenssipiste. Referenssipiste on piste, josta pulssien laskenta aloitetaan. Absoluuttianturia käytettäessä nollakoh- ta ei tarvitse asettaa. (Kopponen 2003.)

Absoluuttianturit joilla mitataan kiertymää sisältävät litteän, ympyrän muotoisen kiekkon. Tähän valoa läpäisevään kiekkoon on varjostettu ruutuja. Varjostetut kohdat on sijoitettu levyille koodin mukaisesti. Koodilevyn toiselle puolelle on sijoitettu optinen lukupää, joka lukee läpinäkyvistä kohdista muodostuvan kiertymää vas- taavan rinnakkaismuotoisen digitaalisanan. Anturin erottelukyky määräytyy digitaalisanan bittien lukumäärästä. Esimerkiksi kymmenbittinen anturi pystyy erottele-

maan 210 erilaista kulma-asentoa. Koodikiekkolla vähiten merkitsevät bitit on sijoitettu kiekon ulkokehälle ja eniten merkitsevät bitit sisäkehälle. (Kopponen 2003.)



Kuva 1. Pulssianturin rakenne. (Lehtonen 2004 a.)

### **3 OIKOSULKUMOOTTORI**

#### **3.1 Yleistä oikosulkumoottorista**

Oikosulkumoottoria käytetään nykyaikaisessa teollisuudessa hyvin monessa erilaisessa kohteessa. Se perustuu yksinkertaiseen rakenteeseen. Luja ja kestävä rakenne lisää moottorin käyttöaika. Oikosulkumoottori on laajasti standardoitu, joten asiakkaan on helppo löytää omiin käyttötarpeisiinsa soveltuva moottori. (Sähkömoottori 2009.)

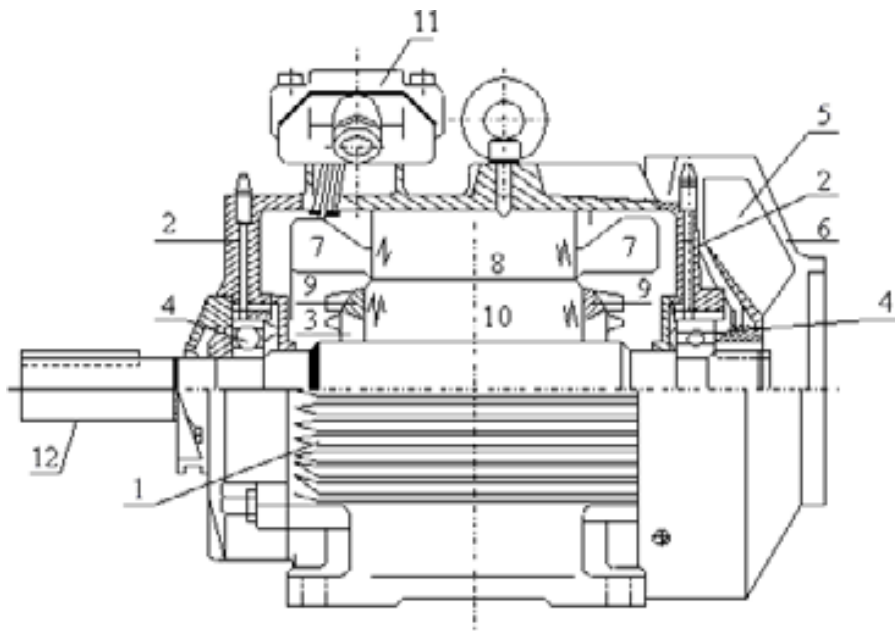
Napojen määrä määrittelee oikosulkumoottorin nopeuden. 2-, 4-, ja 6-napaiset oikosulkumoottorit toimivat yleisesti parhaiten. Tätä useampi napaisissa moottoreissa moottorin ominaisuudet heikkenevät. Kaksinapaisella moottorilla 50 Hz:n verkossa päästään noin 3.000 kierrokseen/minuutissa, nelinapaisella 1.500 kierrokseen/minuutissa ja kuusinapaisella 1.000 kierrokseen/minuutissa. Teollisuuden käytössä olevissa moottoreissa hyötysuhde on yleensä 90 - 96 %. (Sähkömoottori 2009.)

Käyttökohteissa missä tarvitaan hidas käyttö, voidaan oikosulkumoottori varustaa vaihteella. Vaihte vaatii kuitenkin öljyvoitelua, vie tilaa ja hukkaa energiaa 1 – 2 % hammaskosketusta kohti. (Sähkömoottori 2009.)

#### **3.2 Rakenne**

Oikosulkumoottori koostuu yksinkertaisista staattori- ja roottorikäämityksistä. Yleisistä moottorityypeistä poiketen siinä ei ole lainkaan magnetointikäämityksiä. Oikosulkumoottorin toiminnan kannalta tärkeimpiä komponentteja ovat staattorin käämitykset levypaketteineen ja roottorin käämitykset levypaketteineen. Laakerit ovat moottorin ainoita kuluvia osia. (Korpinen, ym. 1998.)

Oikosulkumoottorin roottorin uriin sijoitettu ns. häkkikäämitys on suljettu molemmista päistä oikosulkurenkaalla. Nimitys oikosulkumoottori tulee siitä, että roottorin navat ovat oikosuljettuja keskenään. Roottorikäämityksessä on yleensä vain yksi sauva yhtä uraa kohti. Jos moottorin ominaisuuksia halutaan muuttaa sauvojen lukumäärä ja muoto vaihtelevat. Roottorikäämityksen valmistukseen käytetään painevalua. Materiaalina käytetään yleensä alumiinia. Staattorin urissa oleva staattorikäämitys on valmistettu kuparilangasta. Staattorikäämitys tehdään symmetrisen muotoiseksi. Jotta sähkömoottorilla olisi edellytyksiä toimia, on roottoriin kehitettävä pyörivä magneettikenttä. Tähteen tai kolmioon kytketty staattorin symmetrinen kolmivaihekäämitys muodostaa pyörivän magneettikentän siinä kulkevan symmetrisen vaihtovirran avulla. (Korpinen, ym. 1998.)



Kuva 2. Oikosulkumoottorin rakenne. 1 staattorin runko, 2 laakerikilvet, 3 roottori, 4 laakerit, 5 tuuletin, 6 tuulettimen suojus, 7 staattorikäämitys, 8 staattorin levypaketti, 9 roottorin käämitys, 10 roottorin levypaketti, 11 liitäntäkotelo, 12 akseli. (Aura & Tontteri 1996, s.544)

### 3.3 Toiminta

Kone jossa on avonapainen staattori, on mahdollista toteuttaa. Kolme jännitelähdettä jotka ovat sijoiteltu 120 asteen ajalliseen vaihesiirtoon staattorin avonapojen

vaihekäämeihin nähden syöttävät jännitettä staattorin avonapaisiin käämeihin muodostaen kuhunkin toisistaan 120 asteen ajallisessa vaihesiirrossa olevat virrat. Virtojen vaikutuksesta 120 asteen paikallisessa vaihesiirrossa olevat avonavat synnyttävät magneettikentän. Avonapaisuudesta huolimatta syntyy pyörivän komponentti. Ikään kuin napoja magnetoitaisiin vuorotellen. Tällaisella järjestelmällä voidaan korvata mekaanisesti pyöritettävät magneetit. Staattorin magneettikenttä indusoi roottorin häkkikäämitykseen sähkövirran. Samalla magneettikenttä siirtyy eteenpäin napaparista toiseen. Magneettiset navat, jotka muodostuvat sähkövirran vaikutuksesta pyrkivät seuraamaan staattorin magneettikentän kiertymistä. Moottorin pyörimisliike syntyy kun roottoria jarruttava kuorma on pienempi kuin sähköinen vääntömomentti. (Korpinen 1998.)

Staattorin pyörivän vuon suuruus määrää roottorin synkroninopeuden. Tyhjänä käyvä sähkömoottori saavuttaa nopeasti synkroninopeuden. Synkroninopeuden saavutettuaan roottorin sauvoihin ei enää indusoidu jännitteitä. Roottori sauvoissa tapahtuvaa induktiota ei enää tapahdu, koska staattorin synnyttämä ilmavälivuo kulkee samalla nopeudella kuin itse roottorin sauvat. Roottori jää jälkeen ilmavälissä kulkevasta vuosta silloin kun roottorille laitetaan kuormaa. Tällöin ilmavälissä olevat vuoviivat leikkaavat roottorisauvoja. Tämä aiheuttaa roottoriin päinvastaisen magnetomotorisen voiman staattorivirtoihin nähden. (Korpinen 1998.)



## **4 OHJELMOITAVA LOGIIKKA**

### **4.1 Yleistä**

Ohjelmoitavaa logiikkaa käytetään reaaliaikaisten automaatioprosessien ohjaukseen. Ohjelmoitava logiikka on yleensä pieni mikroprosessorilla varustettu tietokone. Aiemmin käytettyjen tuhansien releiden ja ajastimien sijaan voidaan yhdellä logiikalla hoitaa samat prosessien ohjaukset. Alun perin ohjelmoitavat logiikat otettiin käyttöön autoteollisuudessa. Uudelleen johdotukset ja toiminnallisten muutokset voitiin korvata ohjelmistopäivityksillä. Logiikoiden vikadiagnostiikkaominaisuudet helpottavat vikatilanteiden selvittämistä, jättäen tuotantoseisokit huomattavasti lyhyemmäksi kuin relelogiikoiden aikana. Ohjelmoitavan logiikan toiminnallisuus on vähitellen kasvanut perinteisestä releiden korvaajasta ohjauskeskukseksi, joka hallitsee kehittyneen liikkeen ohjauksen, prosessin säädön, hajautetut hallintajärjestelmät sekä tietoverkot. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähdetkangas & Sumujärvi 2007, 35.)

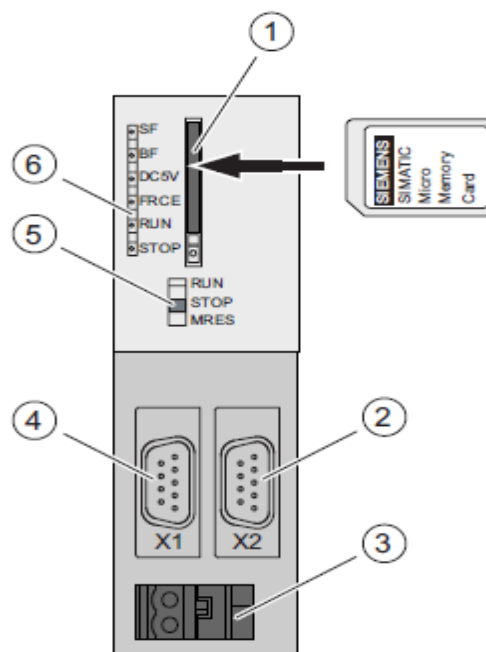
Kenttälaitteet kytketään ohjelmoitavaan logiikkaan tulo- ja lähtöportteihin. Osa kenttälaitteista voidaan kytkeä myös kenttäväylien kautta. Yleisimpiin kenttäväyliin kuuluvat: Profibus, Devicenet, CAN-Open sekä Ethernet. Logiikka ohjaa toimilaitteita tehdyn ohjelman ja sensoreiden antamien tietojen mukaisesti. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähdetkangas & Sumujärvi 2007, 35.)

### **4.2 Siemens 315-2DP PLC**

Työssä käytettiin ohjelmoitava logiikkana moduulirakenteista Siemens 315-2DP-keskusyksikköä. S7-300-sarjan logiikat on tarkoitettu pieniin ja keskisuuriin automaatiojärjestelmiin. Taulukossa 1 on esitelty 315-2DP:n ominaisuuksia. (Siemens AG 2008.)

Taulukko 1. S7-315-2DP:n ominaisuuksia.  
(Siemens Simatic käsikirja 1994.)

Työmuisti	48 kB	Ohjelmayksiköt joita CPU 315-2 DP pystyy käsittämään
Latausmuisti	80 kB integroitu RAM	
Nopeus	n. 0.3 ms 1000 binääri- käskyä kohti	
Maksimissaan liitettäviä	1024 digitaalituloa/-lähtöä 128 analogiatuloa/-lähtöä	
		14 OB 128 FB 128 FC 127 DB



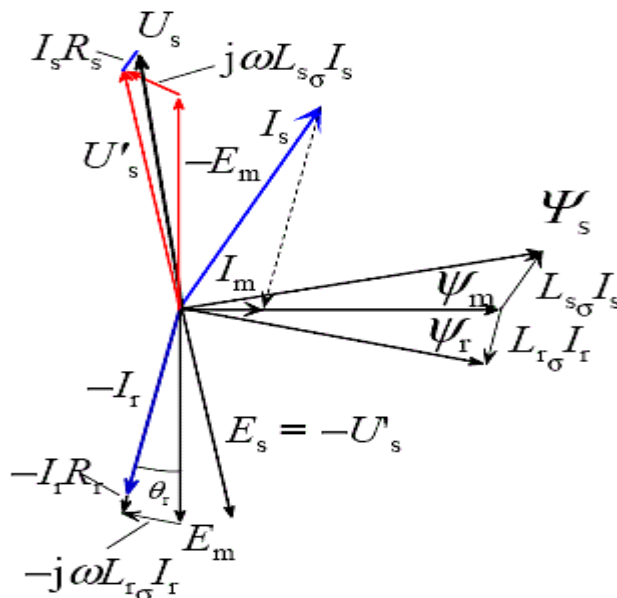
Kuva 3. 315-2DP-keskusyksikkö. 1 Muistikorttipaikka, 2 Väyläliitäntäportti, 3 Jänni-  
tesyöttö, 4 Väyläliitäntäportti, 5 Toimintatapa valintakytkin 6 Tila- ja häiriövalot.  
(S7-300 käsikirja 2008.)

## 5 TAAJUUSMUUTTAJA

### 5.1 Yleistä taajuusmuuttajista

Nykyisin lähes jokaisessa automaatiosovelluksessa on käytössä taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajan tehtävänä on hoitaa sähkömoottorin nopeudensäätö. (Taajuusmuuttaja 2009.)

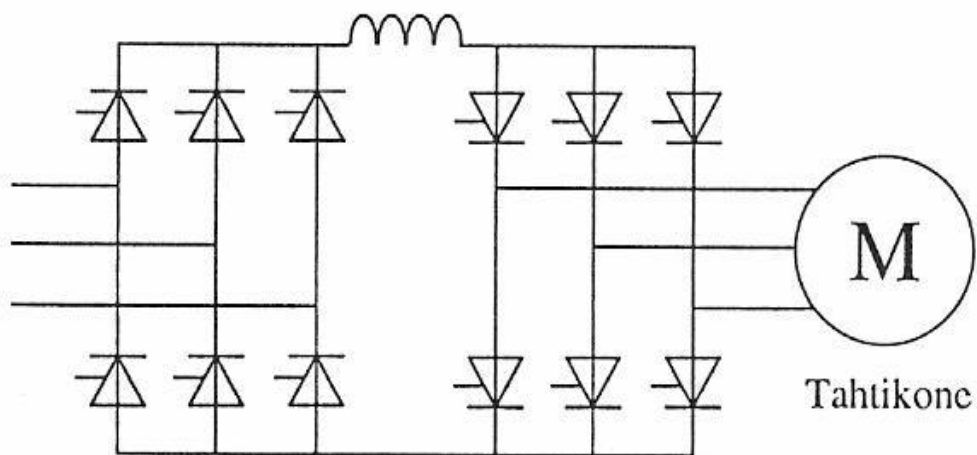
Oikosulkumoottorin vääntömomentin säätöä varten tarvitaan vektorisäätöä, koska oikosulkumoottorin virta sisältää moottorin magnetoinnin ja vääntömomentin tuottavat komponentit. Vektorisäädöstä on luotu matemaattinen malli taajuusmuuttajan sisäiseen prosessorijärjestelmään. Oikosulkumoottorin virrasta saadaan ratkaistua reaaliaikaisesti magnetointivirran ja vääntömomenttia synnyttävän virran osuudet tämän mallin avulla. Kuva 4 esittää oikosulkumoottorin vektoripiirrosta. Vektoripiirroksen avulla mikroprosessori voi päätellä moottorin käyttöön liittyvät toimet. (Taajuusmuuttaja 2009.)



Kuva 4. Vektorisäädön matemaattinen malli. (Taajuusmuuttaja 2009.)

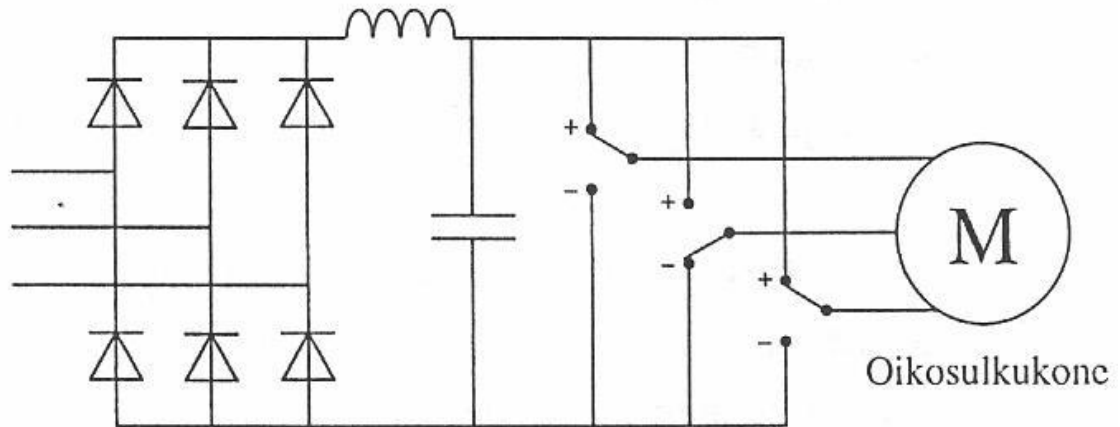
Teollisuuden käytössä olevat pyörimisnopeudeltaan säädettävät moottorikäytöt ovat yleensä jännitevälipiirillisiä taajuusmuuttajia. Jännitevälipiirillisten taajuusmuuttajien rakenne jakaa ne kolmeen pääryhmään. (Niiranen 1999, 48.)

Kuormakommutoidun taajuusmuuttajan rakenteessa on kaksi tyristorisiltaa. Toinen tyristorisilloista on kytketty verkkoon ja toinen tahtikoneeseen. Tyristorisillat on yhdistetty välipiirillä ja sen kuristimilla. Kun taajuusmuuttaja on tavallisessa käytössä tasasuuntaajan tehtävää suorittaa verkonpuoleinen silta ja vaihtosuuntaajan koneenpuolinen silta. Polariteetti vaihtuu välipiirin jännitteessä kun taajuusmuuttajaa käytetään generaattorina. Tällöin myös siltojen osat vaihtuvat. LCI-kytkennässä tyristorien kommutoinnista tulee hyvin epäluotettava, kun tahtikoneen jännite lähestyy nollaa nopeuden pienentyessä. (Niiranen 1999, 48.)



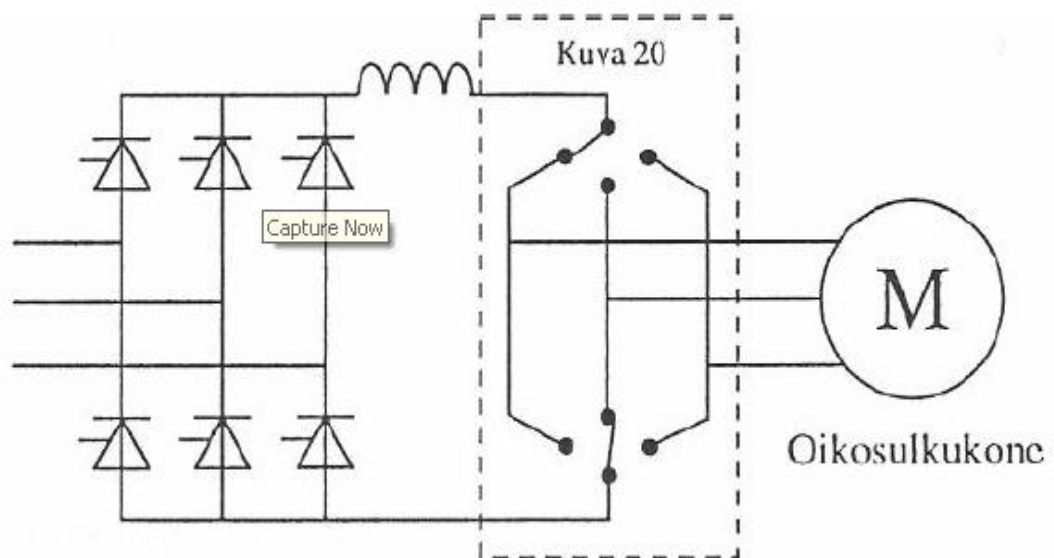
Kuva 5. Kuormakommutoitu taajuusmuuttaja  
(Niiranen 1999, 49.)

Diodisilta on yleisin tapa tuottaa tasajännite jännitevälipiiritaajuusmuuttajan välipiiriin. Moottorin jännitettä joudutaan säätämään pulssinleveysmoduloinnilla, koska diodi siltaa ei voida ohjata. Pulssinleveysmoduloinnilla saadaan lähes sinimuotoinen vaihevirta ja hyvä dynamiikka säädölle. Konetta ei tässä tapauksessa voida käyttää generaattorina, koska jarrutustehon vaihtosuuntaus syöttöverkkoon estyy diodisillassa. (Niiranen 1999, s.48)



Kuva 6. Jännitevälipiiritaajuusmuuttaja  
(Niiranen 1999, 49.)

Kommutointikondensaattoreilla korvattua koneen puoleista siltaa käytetään virtavälipiiritaajuusmuuttajassa. Näin ollen vääntömomentista saadaan tasaisempaa kuin kuormakommutoidussa taajuusmuuttajassa, koska pienillä nopeuksilla välipii-  
rivirtaa ei tarvitse katkoa. Virtavälipiiritaajuusmuuttajaa voidaan käyttää sekä moot-  
torina että generaattorina. (Niiranen 1999, 49.)



Kuva 7. Virtavälipiiritaajuusmuuttaja  
(Niiranen 1999, 49.)

## **5.2 Taajuusmuuttajien ohjaus- ja säätötavat**

Tässä kappaleessa käsitellään tärkeimpiä taajuusmuuttajien ohjaus- ja säätötapoja.

### **5.2.1 Ohjaus ja säätö**

Ohjaus ja säätö eroavat toisistaan tavassa, jolla pyritään saavuttamaan haluttu toiminta. Ohjauksessa laitteen toiminta perustuu ohjearvoihin ja laitteesta muodostettuun malliin. (TTT-Käsikirja 2007.)

Säädössä laitteen lähtösuureita verrataan annettuihin ohjearvoihin ja näiden erotukseen. Säätöpoikkeamaa seuraamalla voidaan muuttaa laitteen ohjaussignaaleja ja säätöalgoritmin mukaisesti niin että säätöpoikkeama pienenee. (TTT-Käsikirja 2007.)

### **5.2.2 Skalaariohjaus ja säätö**

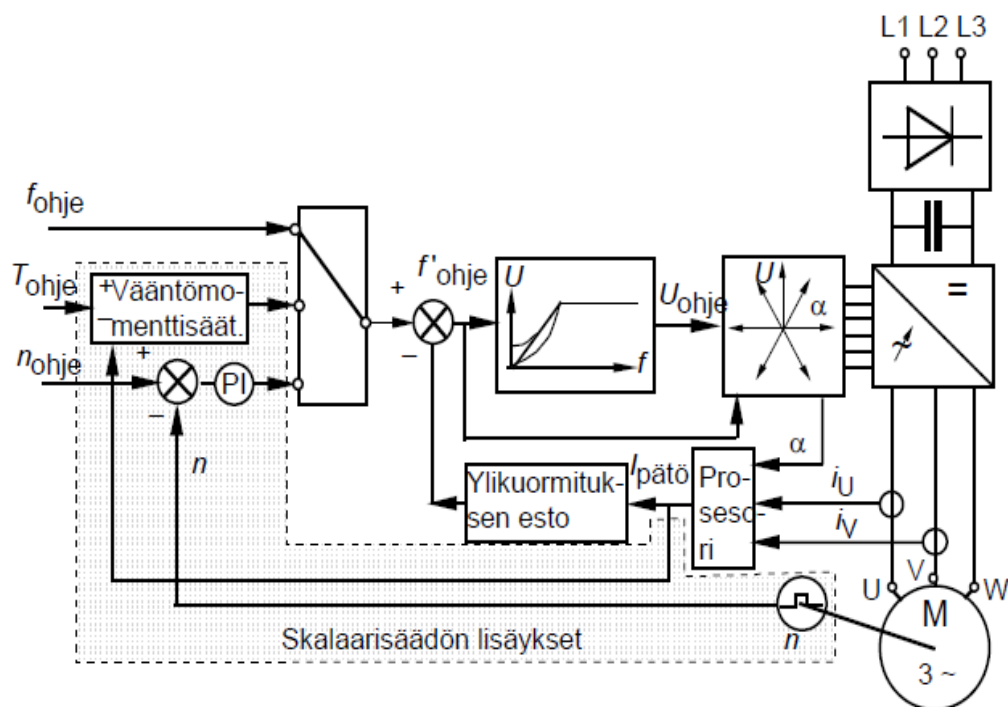
Skalaariohjauksessa suoritetaan moottorin vaihevirtojen mittaus ja pätövirtakomponenttien laskenta. Vääntömomentti moottorissa on suoraan verrannollinen sen pätövirtakomponenttiin. (TTT-Käsikirja 2007.)

Skalaariohjauksessa pyritään pitämään taajuuden ja jännitteen suhde vakiona. Taajuuden muuttuessa on jännitettä muutettava samassa suhteessa. Jännite on kuitenkin pidettävä vakiona, mikäli taajuus nousee yli moottorin nimellistaajuuden. Tämä aiheuttaa moottorin vääntömomentin pienenemisen eli ilmiön nimeltä kentänheikentyminen. (TTT-Käsikirja 2007.)

Skalaariohjauksellisessa järjestelmässä nopeustarkkuus määräytyy koneen jättämän suuruudesta, koska siinä ei tyypillisesti ole vääntömomentti- eikä nopeussäätöä. (TTT-Käsikirja 2007.)

Skalaarisäädöllä voidaan säätää moottorin pyörimisnopeutta tai vääntömomenttia. Näitä molempia voidaan säätää myös vuorotellen. Pyörimisnopeus jää jättämän verran syöttötaajuutta vastaavaa tahtinopeutta pienemmäksi. Jättämä pyrkii asettumaan sellaiseen arvoon, että työkonc saa vaatimansa tehon. (TTT-Käsikirja 2007.)

Skalaarisäätöön liittyviä lisätoimintoja ovat jumisuoja, vauhtikäynnistys, verkkokatkossäätö, momenttisäätö, nopeusmittaus takometrilla, nopeussäätö takometrilla sekä tasavirtajarrutus. (TTT-Käsikirja 2007.)



Kuva 8. Skalaarisäädön periaatekuva.  
(TTT-Käsikirja 2007.)

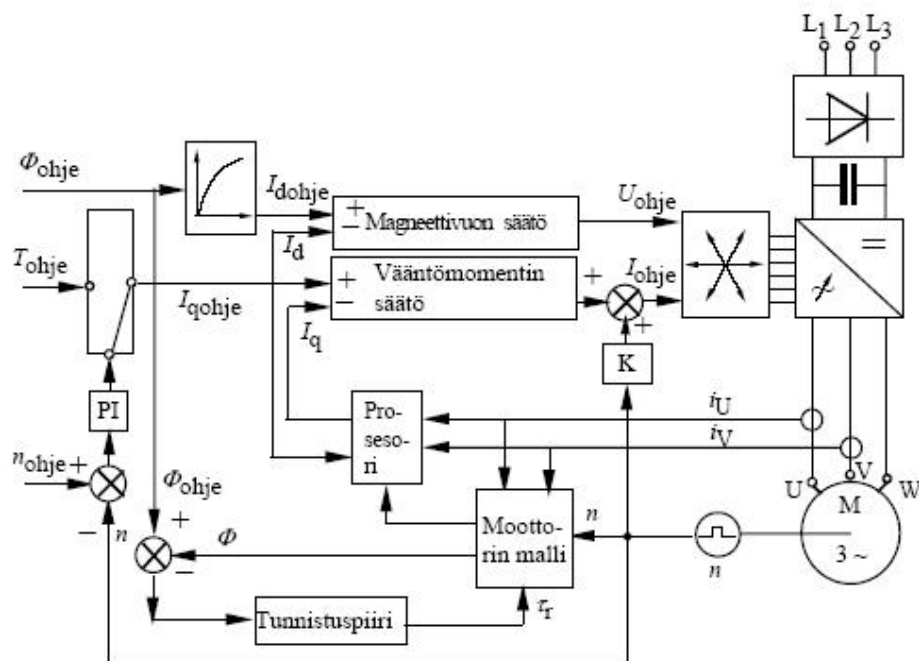
### 5.2.3 Vektorisäätö

Päävuon ja roottorivirran vektoritulosta saadaan oikosulkumoottorin vääntömomentti. Vektorisäädössä, jolla voidaan säätää moottorin vääntömomenttia, on vektorivuon suunta otettava huomioon. (TTT-Käsikirja 2007.)

Moottorivirtojen ja pyörimisnopeuden asentotarkka mittaus ovat perus edellytyksiä vektorisäädön toteutumiseen. Oikosulkumoottorin matemaattiseen malliin annetaan mittauksesta saadut signaalit. Matemaattisen mallin avulla lasketaan moottorin magneettivuon suuruus ja saadaan virran vääntömomenttia ja magneettivuota kuvaavat virran osat. Moottorin vääntömomenttia voidaan muuttaa ja samalla pitää vuo vakiona, koska molempia virtakomponenttia pystytään säätämään erikseen. (TTT-Käsikirja 2007.)

Hyvää dynamiikkaa ja tarkkaa nopeudensäätöä vaativiin sovelluksiin vektorisäätö sopii erinomaisesti. Oikosulkumoottorille saadaan vektorisäätöä käyttäen lähes vastaavat säätöominaisuudet kuin tasavirtakäyttöillä. (TTT-Käsikirja 2007.)

Vuon heikentyminen voidaan estää vektorisäädöllä mikäli kuorma äkillisesti kasvaa ja koko virta tarvittaisiin lisäämään moottorin vääntömomenttia. (TTT-Käsikirja 2007.)



Kuva 9. Vektorisäädön periaatekuva.  
(TTT-Käsikirja 2007.)



## 6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

### 6.1 Suunnittelu

Työn alkuvaiheessa järjestettiin palaveri Kujakon Oy:n laitesuunnittelijoiden kanssa. Kujakon Oy vastasi projektin mekaanisesta suunnittelusta ja asennustöistä. Palaverissa käytiin läpi laitteen toimintaperiaate ja mitä toimilaitteita työssä tarvitaan. Tämän jälkeen pidettiin toinen palaveri Jkos Oy:n edustajan kanssa. Tässä palaverissa sovittiin minkälaisia tiedonvaihtoja tarvitaan Jkos Oy:n toimittaman CAD-sovellus ja viistesahan logiikan välillä. Tiedonvaihdot päätettiin välittää OPC-palvelin välityksellä. Sähkökeskusten kokoonpanon ja kentällä tehtävät sähköasennukset suorittivat Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy:n asentajat. Itse opinnäytetyön tekijän tehtäväksi jäi logiikkaohjelman teko, väylien testaus ja käyttöönotto, laitteiden parametroidit, liikkeiden kalibrointi sekä käyttökoulutus.

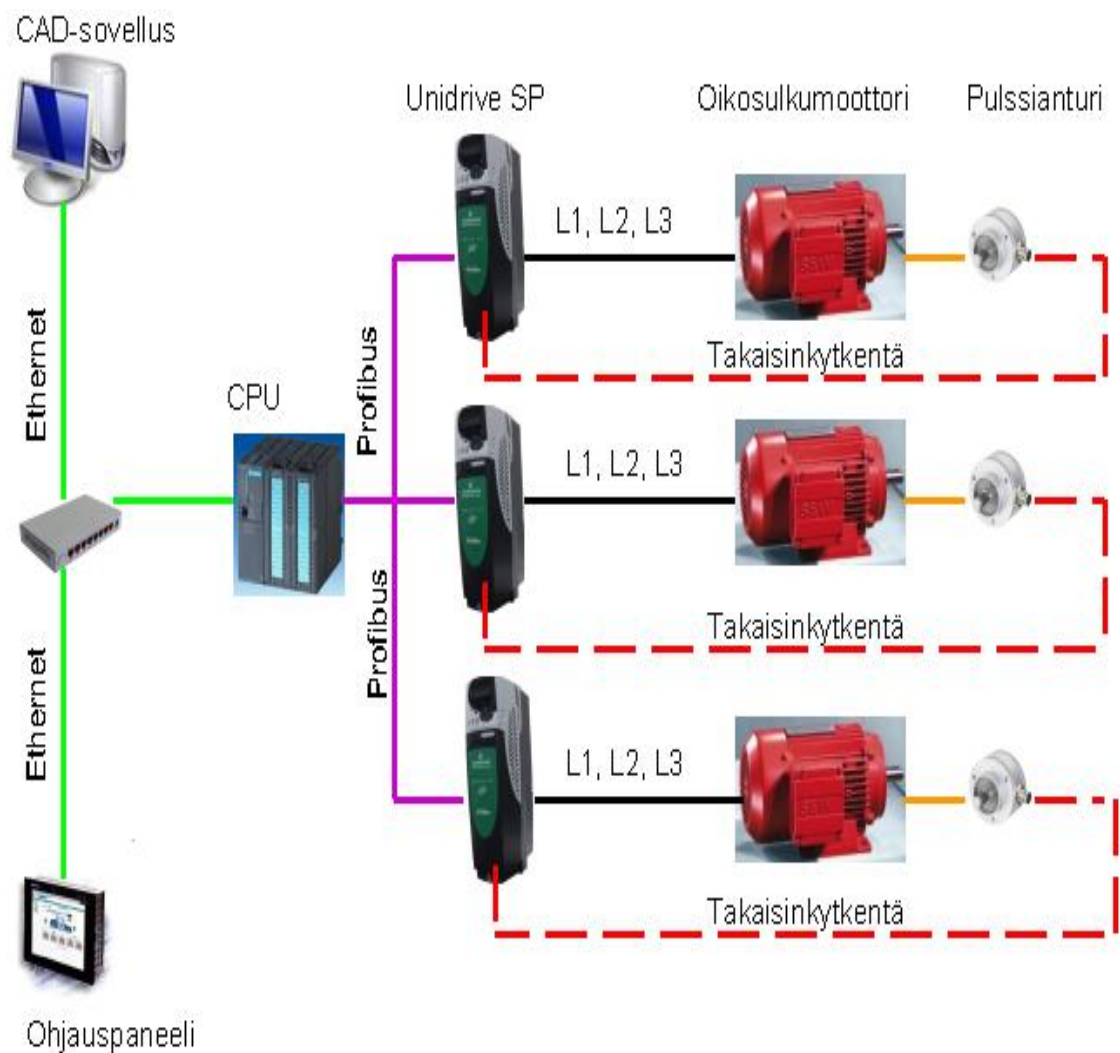
### 6.2 Kokoonpanon rakenne

Työssä käytetyssä kokoonpanossa ohjelmoitava logiikka liitettiin Profibus-väylän kautta paikoittaviin taajuusmuuttajiin. Paikoittavat taajuusmuuttajat ohjaavat oikosulkumootoreita, joiden akselille on kiinnitetty pulssianturi suljetussa takaisin-kytketyssä säätöjärjestelmässä.

Teräpöydän sivuttaisliikkeen oikosulkumoottori on kytketty kuularuuviin, jolla pöytä saadaan liikkeelle. Itse pöytä kulkee laakerikiskojen päällä. Teräpöydän pyörittää ohjaava oikosulkumoottori on kytketty hammasrattaaseen, joka pyörittää pöydän alla olevaa suurempaa hammasratasta. Suurempi hammasratas on taas yhteydessä teräpöytään. Näin ollen moottoria pyöritettäessä pöytä pyörii mukana. Vastaanottavaa mittavastetta ohjaava oikosulkumoottoriin on kytketty myös hammasratas. Linjaston vastaanottorullaston kylkeen on asennettu hammaskisko, jota pit-

kin mittavasteen hammasratas kulkee liikuttaen mittavastetta linjaston suuntaisesti.

Logiikan Ethernet-moduuli on liitetty kytkimen kautta tietokoneeseen jossa on Jkos Oy:n tuottama CAD-sovellus. Tämä sovellus kommunikoi logiikan kanssa tietokonella olevan OPC-palvelimen välityksellä. Logiikan Ethernet-moduuliin on kytketty myös ohjauspaneeli käsiajoja varten.



Kuva 10. Laitekoonpanon rakenne.

### 6.3 Profibus-kenttäväylä

Nimitys Profibus koostuu sanoista Process Field Bus. Profibus on kenttäväylä, jonka avulla eri valmistajien laitteet voivat kommunikoida keskenään. Samalla väylällä voi liikennöidä antureita, ohjelmoitavia logiikkoja, tietokoneita ja ohjauspaneeleja. (Industrial communication 2008.)

Profibus-liitäntä löytyy nykyään lähes jokaisesta automaatiolaitteesta, ja se onkin yksi tunnetuimmista kenttäväylistä. Profibus-väylää käytetään hyvin monissa sovelluskohteissa. (Industrial communication 2008.)

Profibus-väylässä on isäntä (Master) ja orjalaitteita (Slave). Isäntälaitte on yleensä ohjelmoitava logiikka, joka ohjaa orjalaitteita. Orjalaitteet ovat yleensä kenttälaitteita joissa on Profibus-liitäntä. Isäntä ja orjalaitteet on kytketty toisiinsa yhdellä tiedonsiirtokaapelilla. Tämä säästää kaapelointikuluja ja työtä silloin kun järjestelmässä on suuri määrä tuloja ja lähtöjä, tai ne ovat hajallaan tai etäällä toisistaan. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähdetkangas & Sumujärvi 2007, 37.)

### 6.4 Unidrive SP-taajuusmuuttaja

Työhön valittiin jokaiselle paikoittavalle liikkeelle taajuusmuuttajaksi Unidrive SP. Valintaan päädyttiin koska Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy oli käyttänyt kyseistä taajuusmuuttajaa useissa edellisissä automaatioprojekteissa sen varmatoimisuuden, helppokäyttöisyyden ja laajennettavuuden vuoksi.

Unidrive SP on sähkökäytön ja tarvittaessa sovelluslogiikan yhdistelmä. Unidrive SP voidaan ohjelmoida oikosulkumoottorikäyttöjen (takaisinkytkentä tai ilman) lisäksi säätämään asynkroni- ja synkroniservomootoreiden tai lineaariservomootoreiden, pyörimis- tai liikenopeutta sekä momenttia:

- V/f- säätö monimoottorikäyttöihin
- anturiton vektorisäätö vaativiin sovelluksiin oikosulkumoottoreille, ilman takaisinkytkentää
- anturimallintavavektorisäätö oikosulkumoottoreille, ilman takaisinkytkentää
- takaisinkytketty vektorisäätö oikosulkumoottoreille ja asynkroniservoille
- servokäyttö harjattomille vaihtovirtaservomoottoreille. (SKS Control 2006.)

Kaikki edellä mainitut säätötavat ovat vakiona, kuten myös neljälletoista anturityypille parametroitava takaisinkytkentä. Näin ollen, esimerkiksi laitevalmistajan tarvitsee tilata vain tehoja, erilaisten versioiden kanssa ei tarvitse kuluttaa kallista aikaa. Suunnittelija ja käyttöönottaja säästävät aikaa ja vaivaa, koska sovelluksesta riippumatta liitännät ja ohjelmointi ovat aina samanlaiset. (SKS Control 2006.)

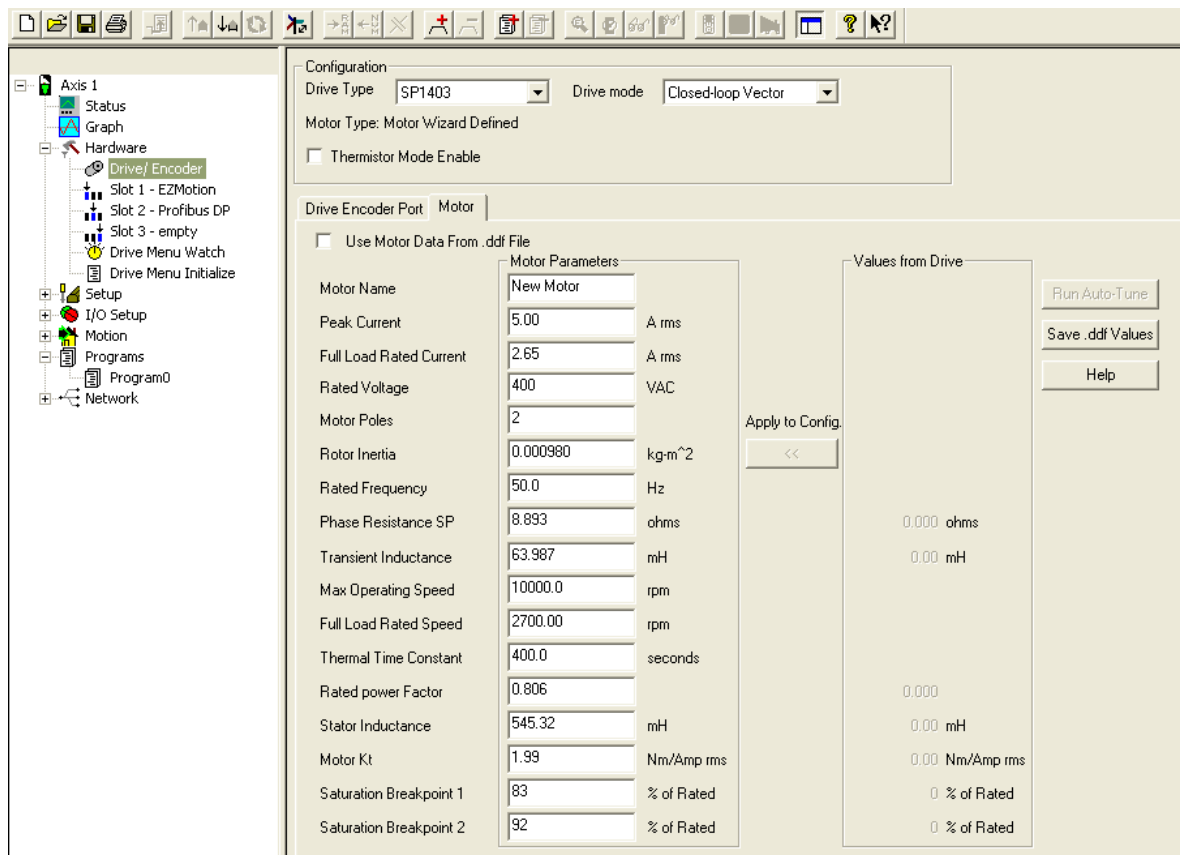
#### **6.4.1 Unidrive SP:n parametointi**

Unidrive SP-taajuusmuuttajat parametroidiin Control Techniques PowerTools Pro-ohjelmistolla. PowerTools-ohjelmistolla Unidrive SP taajuusmuuttajien parametointi ja ohjelmointi on nopeaa ja selkeäkäyttöistä.

Parametointi aloitetaan avaamalla taajuusmuuttajan ja pulssianturin asetussivu. Taajuusmuuttajan tyyppi valitaan käytettävän taajuusmuuttajan mukaan. Työssä käytettiin takaisinkytkettyä vektorikäyttöä, jolloin tämä käytötapa valittiin asetukseen.

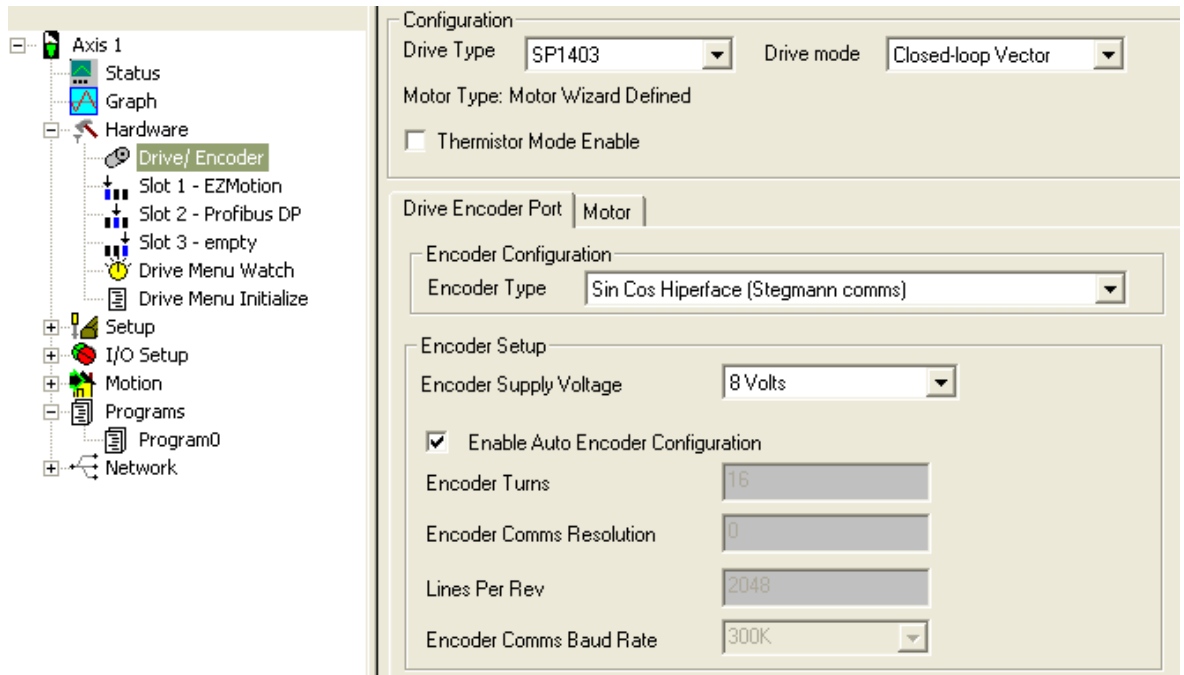
Käyttötavan asetuksen jälkeen asetussivulle asetettiin moottori parametrit. Moottori parametreihin syötettiin kaikki sähkömoottorin tyyppikilvestä löytyvät arvot, kuten esimerkiksi nimellisvirta, nimellisjännite ja nimellistaajuus. Tämän jälkeen ajettiin AutoTune-toiminto. AutoTune-toiminnossa moottoria ajetaan ilman kuormaa, jol-

loin ohjelmisto tutkii moottorin ominaisuuksia ajossa, ja asettaa oikeat parametrit moottorityypin mukaan.



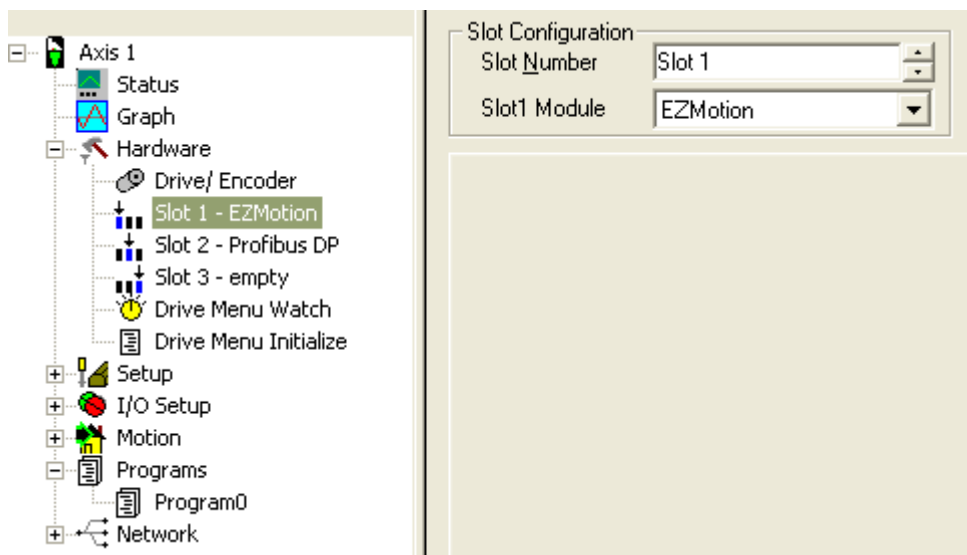
Kuva 11. Moottoriparametrien asetussivu.

Pulssianturin asetussivulta anturin tyyppiä valittiin SinCos Hiperface, koska työssä oli käytössä saman tyyppiset absoluuttianturit. Pulssianturin käyttöjännitteeksi valittiin 8V, anturityypin mukaan.



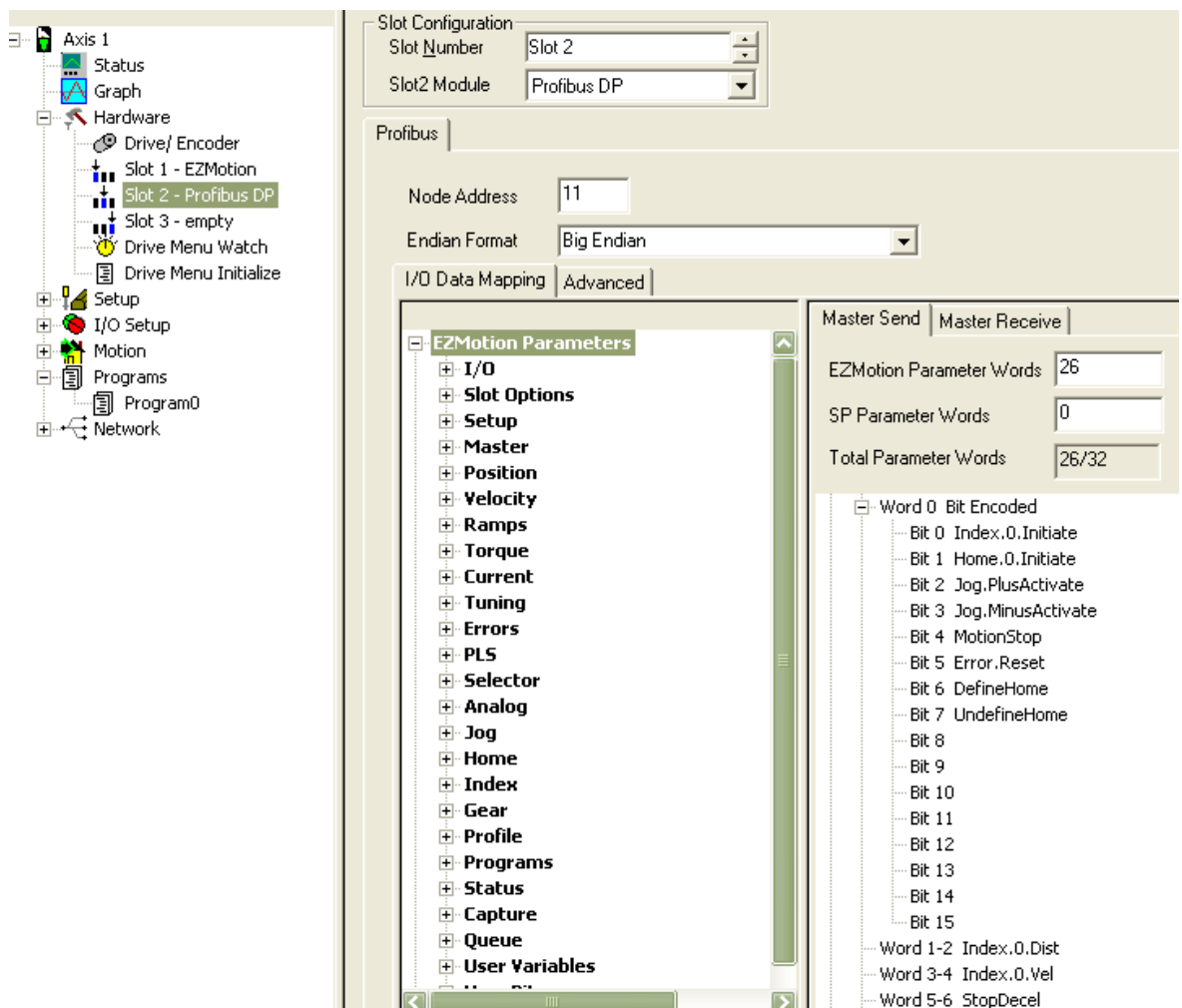
Kuva 12. Pulssianturin asetussivu.

Unidrive Sp -taajuusmuuttajat ovat laajennettavissa 3 lisäkortilla. Taajuusmuuttajaa parametroidessa korttipaikoille tuli valita juuri ne lisäkortit, jotka niissä fyysisestikin olivat. Ensimmäiseen lisäkorttipaikkaan asetettiin paikoituskortti. Näin ollen asetukseen valittiin ensimmäiselle korttipaikalle EZmotion-paikoituskortti.



Kuva 13. Ensimmäisen lisäkorttipaikan asetussivu.

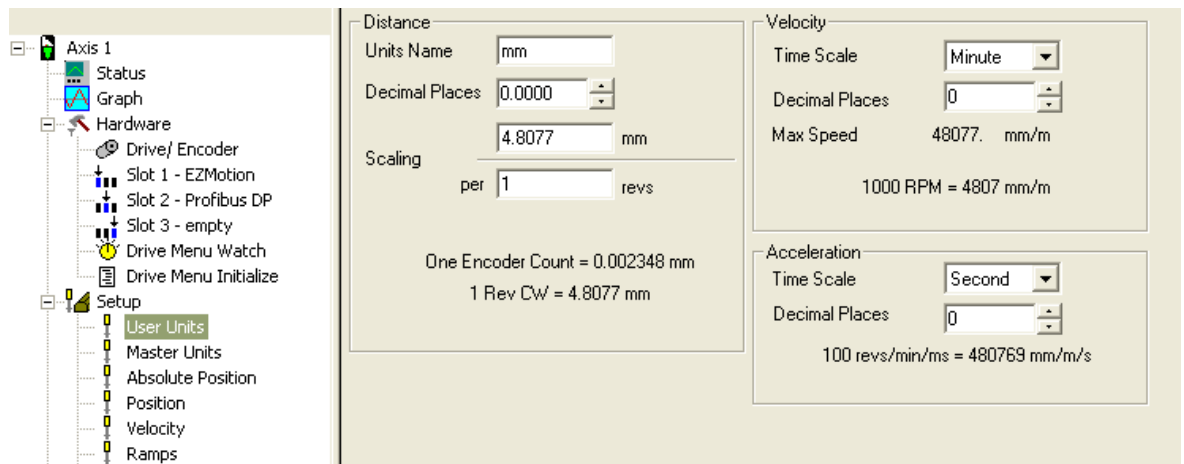
Toiseen lisäkorttipaikkaan asetettiin Profibus-väylää varten Profibus DP -lisäkortti. Profibus-väylän kautta logiikka antaa ohjearvoja ja käskyjä eri toimenpiteisiin. Taajuusmuuttaja puolestaan kertoo logiikalle väylän välitykselle oloarvoja ja tilatietoja. PowerTools Pro -ohjelman avulla voitiin varata haluttu määrä perifeerisiä tulo- ja lähtösanoja logiikan ja taajuusmuuttajan väliseen kommunikointiin. Jokaiselle sanalle voidaan vapaasti valita jokin taajuusmuuttajan parametreistä. Esimerkiksi paikoitusnopeus asetettiin kahteen ensimmäiseen sanaan.



Kuva 14. Profibus-kortin asetussivu.

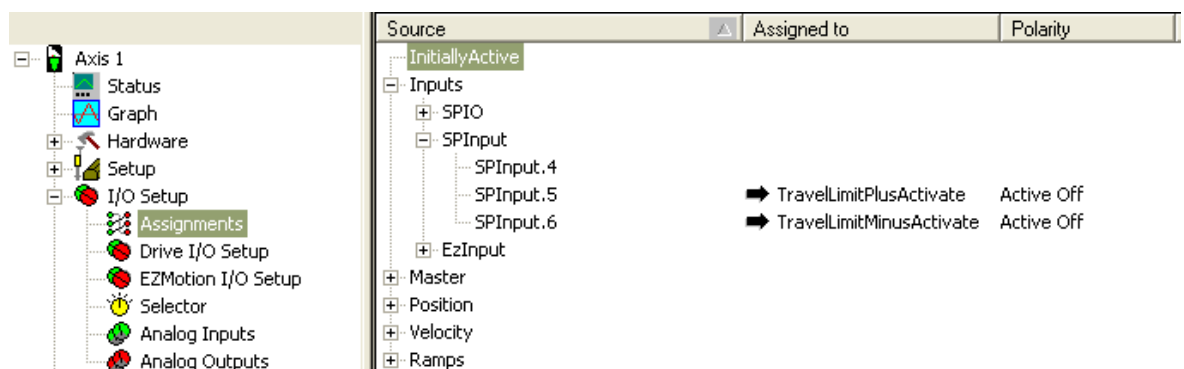
Käyttäjäasetuksista määriteltiin paikoittavien liikkeiden skaalaukset. Jokaisella työssä olevalla paikoittavalla liikkeellä oli erilainen skaalaus. Nämä määräytyivät käytössä olleista vaihteista, kytkyistä ja hammasrattaista. Laskutoimitusten jälkeen jokaiselle paikoittavalle liikkeelle saatiin yhtä moottorin kierrosta vastaava kuljettu

matka millimetreinä. Skaalauksen tarkoituksena oli saada liikkeen pituus fyysisesti puolen millin tarkkuudelle ohjearvosta.



Kuva 15. Paikoitusliikkeiden skaalausasetukset.

Tulo- ja lähtöasetuksista määriteltiin mihin taajuusmuuttajan liittimiin mekaaniset ääriraja-anturit on kytketty. Rajojen napaisuus valittiin avautuvaksi, jolloin äärirajan vaikuttuessa signaali poistuu.



Kuva 16. Tulo- ja lähtöporttien asetukset.

## 6.5 Oikosulkumoottori ja pulssianturi

Paikoittavissa liikkeissä käytettiin SEW-Eurodriven valmiita moottoripaketteja, joissa DT / DV-sarjan oikosulkumoottoreihin oli tehtaalta valmiiksi kytkettynä, moottorin perään, absoluuttianturi. Oikosulkumoottoreissa on myös sähkömekaaniset



jarrut. Absoluuttianturi on tyypiltään Stegmann AS3H, joka on monikierroksinen, Hiperface, SinCos-anturi. DT / DV-sarjan moottorien tarkempia ominaisuuksia on taulukossa 4.

Hiperface on luotettava, universaali liityntärajapinta elektronisille käytöille. Suunnittelusta ja sovelluksesta riippumatta jokainen elektroninen käyttö tarvitsee seuraavat tiedot pulssianturilta toimiakseen kunnolla:

- kommunikaatioinformaation
- pyörimisnopeustiedon
- inkrementaalisen paikkatiedon
- absoluuttisen paikkatiedon. (SICK 2000.)

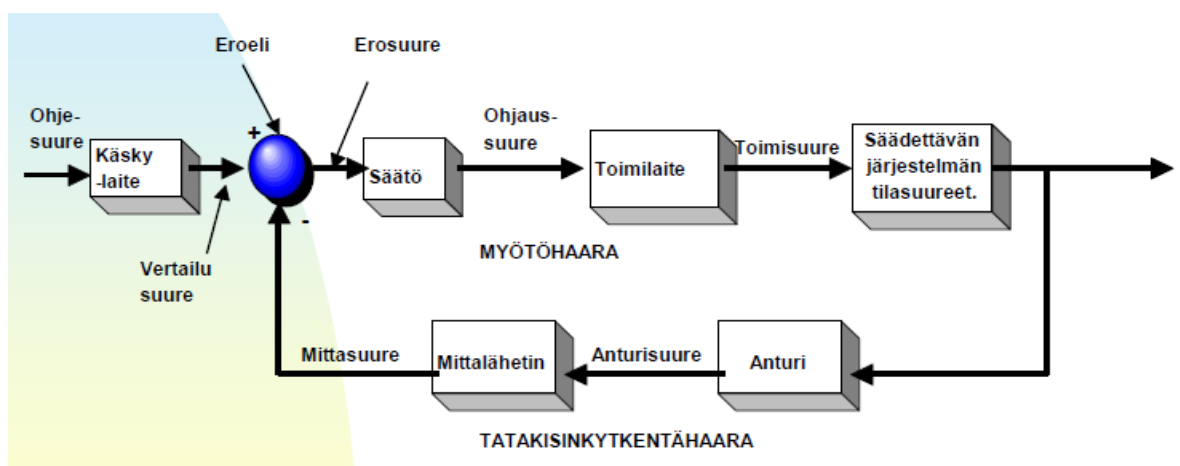
Kaikki nämä voidaan välittää Hiperfacen kautta.

Hiperface koostuu vain kahdeksasta johtimesta, jossa on parametrikanava ja reaaliaikainen prosessidatakanava. (SICK 2000.)

Taulukko 2. DT / DV-oikosulkumoottorien ominaisuuksia.  
(SEW-Eurodrive 2009.)

Tekniset tiedot		Kolmivaihdemoottori	Kolmivaihejarrumoottori
Moottoriteho	[kW]	0.09 ... 90	
Jarrumomentit	[Nm]	–	1.2 ... 1200
Napaluku	yksinopeuksinen	2 / 4 / 6 / 8	
	vaihdettavissa	4/2 / 6/2 / 8/2 12/2 6/4 8/4	
Pyörimisnopeus tahtikäynnillä	[min <sup>-1</sup> ]	3000 / 1500 / 1000 / 750 / 500	
Taajuus	[Hz]	40 ... 60 (vakio: 50)	
Jännite yksinopeuksinen	[V]	220 ... 690	
Jännite vaihtonapainen	[V]	Akselin korkeus 63 ... 90: 220 ... 500 Akselin korkeus 100 ... 225: 220 ... 690	
Jännitealue 2- / 4- / 6-napainen	[V]	220 ... 240 / 380 ... 415 tai 380 ... 415 / 660 ... 690	
Kotelointiluokka		IP54, tilauksesta myös IP 55 / IP65 / IP56 / IP66	
Räjähdyssuojaus EU-direktiivi 94/9/EY		Saatavilla käyttölaiteita, joissa rajoitettu tehoalue.	

Kun oikosulkumoottorin on kytketty pulssianturi, saadaan takaisinkytkentä jolla voidaan seurata moottorin nopeutta ja paikkaa. Näitä tietoja seuraamalla oikosulkumoottoria voidaan ohjata tarkasti.



Kuva 17. Suljettu, takaisinkytketty säätöjärjestelmä.  
(Lehtonen 2004 b.)

## 7 LOGIIKKAOHJELMA

### 7.1 Siemens S7

Siemens-logiikoita ohjelmoitaessa tarvitaan S7-ohjelma, jolla tehdään itse ohjelmointi, parametroidit, kokoonpanon konfigurointi, testaus, huolto ja dokumentointi. (Simatic software 2008.)

Ohjelma ja kokoonpano voidaan tehdä S7-ohjelmalla offline-tilassa ja ladata se vasta myöhemmin itse logiikkaan. S7-ohjelmistolla voidaan myös simuloida kyseistä ohjelmaa ja kokoonpanoa ilman fyysisiä laitteita. Näin laitteistoa voidaan testata jo ennen asennuksia. (Simatic software 2008.)

#### 7.1.1 HW-konfigurointi

Kokoonpanon laitteistojen konfigurointi tehdään S7-ohjelmassa olevalla HW-Config-sovelluksella. HW-konfiguroinnissa määritellään logiikan kokoonpano, eli mikä logiikka, virtalähde ja mitkä moduulikortit ovat käytössä. Väylät ja orjalaitteet konfiguroidaan myös HW-konfiguroinnissa. (Simatic software 2008.)

HW-konfigurointi aloitetaan valitsemalla S7-ohjelman rakennepuusta Hardware-sovellus.

Hardware-ohjelmassa oikean laidan laitekirjastosta tuodaan aluksi logiikan kokoonpanoa varten pohjalevy, johon asetellaan tarvittavat moduulit. Moduulit voidaan yksinkertaisesti raahata laitekirjastosta laitteistolistaan. Kun virtalähde, logiikka ja tarvittavat lisämoduulit on aseteltu, voidaan konfiguroida kenttäväylä. Opinnäytetyössä käytetään Profibus-väylää. Profibus-väylän konfigurointi aloitetaan valitsemalla CPU:n alavalikosta DP-moduuli. DP-moduulin alta aukeaa asetussivu, josta voidaan määritellä onko logiikka isäntä vai orjalaite. Samalla sivulla annetaan logiikalle Profibus-osoite. Työssä logiikka valittiin isäntälaitteeksi.

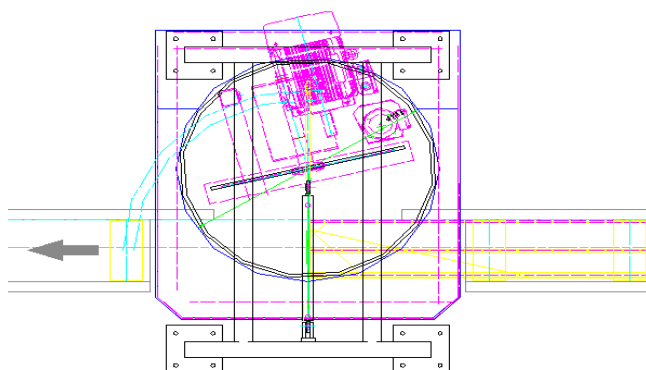
DP-moduulin konfiguroinnin jälkeen näytölle ilmestyy logiikan kokoonpanon jatkoksi Profibus-väylä. Tähän väylään voidaan lisätä orjalaitteita laitekirjastosta, ”Profibus DP”-alavalikosta, raahaamalla ne väylän päälle. Jokainen orjalaite konfiguroidaan ja niille annetaan oma Profibus-osoite. Unidrive SP taajuusmuutajille täytyy myös määritellä tulo- ja lähtösanojen määrä. Niiden tulee vastata taajuusmuuttajan parametroinnissa asetettua tulo- ja lähtösanojen määrää.

## 7.2 Käsiäjot

Käyttäjän halutessa ohjata toimilaitteita manuaalisesti toimilaite kerrallaan, esimerkiksi häiriötilanteessa, tarvitaan käsiajoja.

### 7.2.1 Teräpöydän pyöritys

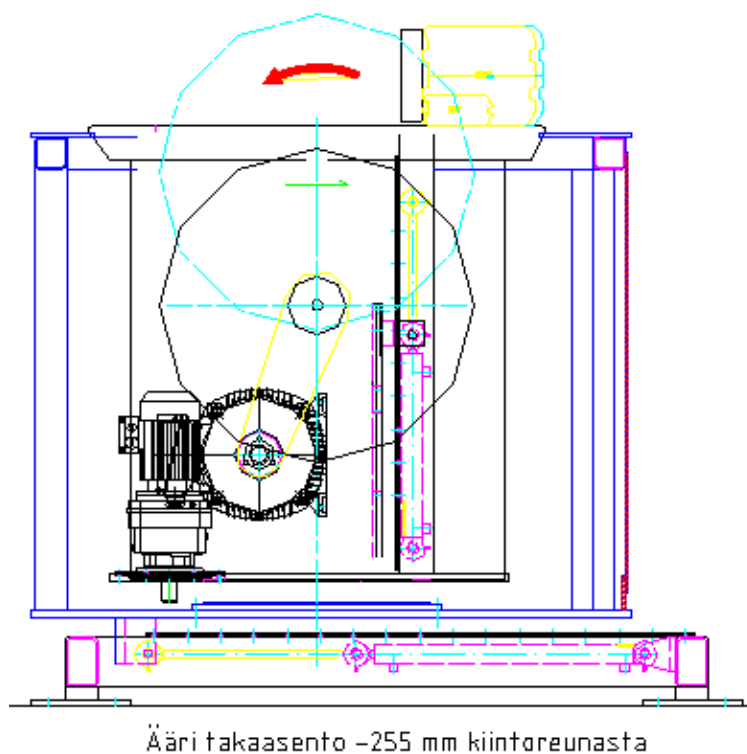
Viistesahan teräpöytää voidaan pyörittää kokonaisuudessaan 140 astetta. Teräpöydän perusasento on 90 asteessa linjastoon nähden. Tällöin terä leikkaa hirsiaihion pään suoraksi. Käyttäjäliittymän käsiajopainikkeista teräpöytää voidaan pyörittää vapaasti oikealle tai vasemmalle. Teräpöytä voidaan ajaa myös haluttuun leikkauskulmaan syöttämällä käyttöliittymään asteluku ja aktivoimalla paikoitusajo. Teräpöydän paikoitusliikkeelle annetaan myös paikoitusnopeus käyttöliittymästä.



Kuva 18. Teräpöytä ylhäältä katsottuna.

### 7.2.2 Teräpöydän sivuttaisliike

Viistesahan teräpöytää voidaan siirtää sivuttain, hirsiaihion tulosuuntaan nähden, puolen metrin liikematkan verran. Sivuttaisliikkeen perusasento (0 mm) sijaitsee liikkeen oikean reunan äärirajalla. Käyttöliittymän käsiajopainikkeista pöytää voidaan siirtää vapaasti oikealle tai vasemmalle. Teräpöytää voidaan myös ajaa haluttuun mittaan syöttämällä käyttöliittymään etäisyys nollapisteestä. Paikoituksen liikenopeus on myös annettava käyttöliittymästä.



Kuva 19. Teräpöytä sivulta katsottuna.

### 7.2.3 Vastaanottava mittavaste

Viistesahan vastaanottavaa vastetta (LIITE 6) voidaan ajaa linjaston suuntaisesti terälinjasta 12 metriä eteenpäin. Vasteen liikkeen perusasento (0 mm) sijaitsee sahan terälinjalla. Käyttöliittymän käsiajopainikkeista vastetta voidaan ajaa vapaasti eteen ja taakse. Vaste voidaan myös ajaa haluttuun mittaan syöttämällä

haluttu paikka, etäisyytenä nollalinjasta. Paikoitusnopeutta voidaan myös muuttaa käyttöliittymästä. Käsiajo-ohjauksista löytyy myös vasteen nokan ylös- ja alasohjaus.

### 7.3 Automaattiajo

Automaattiajossa viistesahan paikoittavat toimilaitteet asettuvat automaattisesti CAD-sovelluksen antamien parametrien mukaisesti. Käyttäjän tehtäväksi jää lukita hirsiaihio teräpöydälle, kun hirsiaihion pää on kiinni vastaanottavassa vasteessa. Tämän jälkeen käyttäjä suorittaa sahausliikkeen ja kuittaa kappaleen valmiiksi ohjauspulpetin painikkeesta. Valmis kappale siirretään linjastolle jatkokäsittelyä varten.

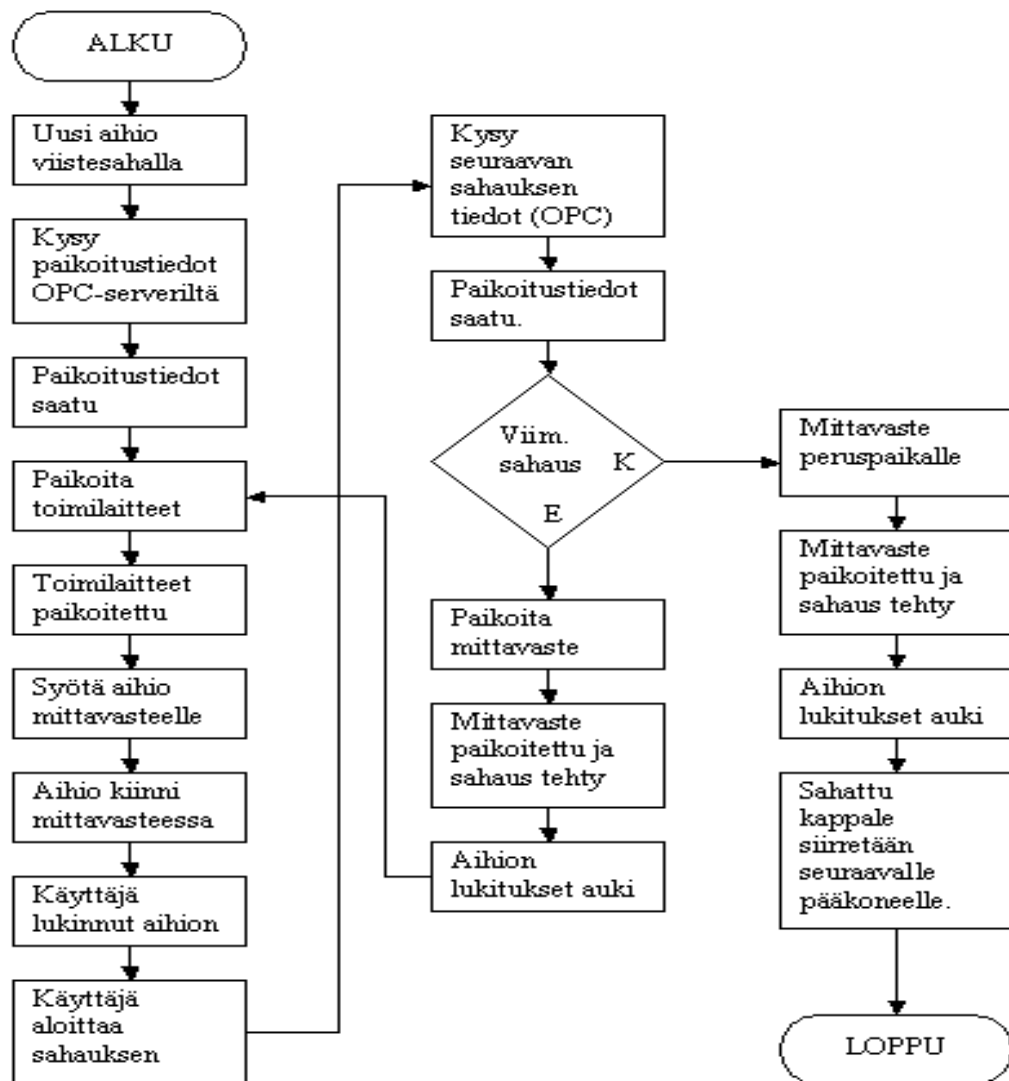
Automaattiajon ohjelmasykli alkaa kun viistesaha on käynnistetty automaattiajolle. Automaattiajo voidaan käynnistää kun kaikki toimi- ja suojalaitteet ovat häiriöttömässä tilassa eikä hätäseis-piiri ole lauennut.

Hirsiaihion saapuessa viistesahalle, syöttölinjan ja teräpöydänvälissä oleva valo-kenno ilmoittaa logiikalle uuden hirsiaihion saapumisesta viistesahalle. Tämän jälkeen logiikka kysyy OPC-palvelimen välityksellä CAD-sovellukselta ensimmäiseen sahaukseen tarvittavat parametrit. Logiikka siirtää parametrit Profibus-väylän kautta paikoittaville taajuusmuuttajille, jonka jälkeen vastaanottava vaste, teräpöydänkulma sekä teräpöydän sivuttaisliike asettuvat parametrien mukaisesti.

Kun paikoitukset ovat valmiit, linjan syöttörullasto syöttää hirsiaihiota kunnes se törmää vastaanottavaan mittavasteeseen. Tämän jälkeen käyttäjä lukitsee sivu- ja päälipainajilla aihion teräpöytään ohjauspulpetin painikkeista. Lukituksen jälkeen syöttörullasto pysähtyy ja käyttäjä voi suorittaa sahauksen.

Lukituksen jälkeen logiikka tiedustele seuraavia paikoitusparametreja. Sahauksen ollessa vielä kesken mittavaste siirretään valmiiksi seuraavaan sahausmittaan. Jos seuraavaa mittaa ei ole, eli kappale on valmis meneillään olevan sahauksen jälkeen, mittavasteen aisa nostetaan ylös ja se siirretään peruspaikkaan.

(1500 mm terälinjasta) odottamaan uutta hirsiaihiota. Jos sahausta seuraa toinen sahaus, teräpöydän kulma ja sivuttaisliike paikoitetaan uusien parametrien mukaan. Tämän jälkeen syöttörullasto syöttää hirsiaihiota, kunnes se taas kohtaa vastaanottavan vasteen, jolloin käyttäjä jälleen lukitsee kappaleen ja suorittaa sahauksen.



Kuva 20. Automaattiajon vuokaavio.

## 7.4 Käyttöliittymä





Ohjauspaneelina tässä työssä on Magelis XBTGT 5230 -kosketusnäyttö. Kosketusnäytön avulla voidaan ohjata viistesahan liikkeitä käsiajolla, seurata aktiivisena

olevia häiriöitä ja tarvittaessa resetoida koko järjestelmä perustilaan. Ohjauspaneelin käyttöliittymä luodaan Vijeo Look -ohjelman avulla. Asiakkaan puolelta paneelin ulkoasuun ei tullut minkäänlaista ohjeistusta, joten ulkoasu suunniteltiin opinnäytetyön tekijän toimesta. Ajotapavalinnat ja sahan käynnistys ovat ohjauspaneelin vieressä vääntökytkiminä.

Käyttöliittymässä ruudun vasemmassa alareunassa on valikkopainike, josta painettaessa ruudulle tulee esille valikko mistä voidaan valita haluttu ohjaussivu.

Käsiajo-sivulta voidaan ohjata sahan teräpöydän kääntöä ja sivusiirtoa manuaalisesti. Sivulta voidaan asettaa paikoitusnopeudet, kulma ja pituus painamalla sinistä numerokenttää ja antamalla asetusarvo. Asetusarvoon-painikkeesta saha kääntyy tai siirtyy sivuttaan asetusarvon mukaan. Oloarvoja voidaan seurata mustista numerokentistä. Paikoitus voidaan myös pysäyttää STOP-painikkeesta. Käsiajosivulta voidaan asettaa myös kuinka korkealle sahanterän yläosa nousee pöydän pinnasta.



SAHAN KÄÄNTÖ		SAHAN SIVUSIIRTO	
Käännön asetusarvo:	<input type="text" value="0"/> °	Siirron asetusarvo:	<input type="text" value="0"/> mm
Käännön oloarvo:	<input type="text" value="0"/> °	Siirron oloarvo:	<input type="text" value="0"/> mm
Käännön nopeus:	<input type="text" value="0"/> m/min	Siirron nopeus:	<input type="text" value="0"/> m/min
<div>KÄÄNTÖ</div> <div>   </div> <div> <div>ASETUSARVOON</div> <div>STOP</div> </div>		<div>SIVUSIIRTO</div> <div>   </div> <div> <div>ASETUSARVOON</div> <div>STOP</div> </div>	
		SAHAN TERÄ	
		Korkeuden asetusarvo:	<input type="text" value="0"/>
		Korkeuden oloarvo:	<input type="text" value="0"/>
<div>KATKAISUSAHA</div>			

Kuva 21. Viistesahan käsiajosivu.

Sahan mittavasteen ohjaussivulta voidaan ohjata mittavastetta käsiajolla. Haluttu paikka ja nopeus voidaan syöttää sinisiin numerokenttiin. JOG-painikkeista vastetta voidaan ajaa positiiviseen tai negatiiviseen suuntaan terälinjaan nähden. Mittavasteen nokka voidaan nostaa ylös tai laskea alas ohjauspainikkeilla. Vihreät merkkivalot painikkeiden vieressä ilmoittavat kummassa asennossa nokka milläkin hetkellä on. Mittavasteen paikoitus asetusarvoo käynnistyy Aja mitta-painikkeesta ja pysähtyy Stop-painikkeesta.

SAHAN MITTAVASTE					
MITTAVASTEEN PAIKKA		MITTAVASTEEN NOPEUS			
Asetusarvo:	<input type="text"/>	mm	Asetusarvo:	<input type="text"/>	m/min
Oloarvo:	<input type="text"/>	mm			
<div>VASTE YLÖS</div> <div>VASTE ALAS</div>		<div>JOG +</div> <div>JOG -</div>		<div>AJA MITTAAN</div> <div>STOP</div>	

Kuva 22. Vastaanottavan mittavasteen käsiajosivu.

Nollakohtien asetussivulta paikoitusten nollakohdat voidaan asettaa uudelleen. Tätä toimintoa tarvitaan jos pulssianturi on jostain syystä menettänyt oikean paikkatietonsa. Työssä käytettävät absoluuttianturit eivät tarvitse referenssiajoa, koska niiden tulisi säilyttää paikkatieto sähkökatkossakin. Asetussivulla on ohjeistettu mihin asentoon toimilaite pitää siirtää ennen kuin nollakohta asetetaan painikkeesta.

SAHAN MITTAVASTEEN NOLLAKOHDAN ASETTAMINEN	
Aja sahan mittavaste terän oikean reunan kohdalle ennen nollausta!	ASETA 0-Piste
SAHAN SIVUSIIRRON NOLLAKOHDAN ASETTAMINEN	
Aja sahan sivusiirto nollapisteen merkkiin (rungossa) ennen nollausta!	ASETA 0-Piste
SAHAN KÄÄNNÖN NOLLAKOHDAN ASETTAMINEN	
Aja sahan kääntö 90 asteen kulmaan linjaan nähden siten että pöydän lukitustappi on reiässä ennen nollausta!	ASETA 0-Piste

Kuva 23. Nollapisteiden asetussivu.

Resetointisivulta sahan ja linjaston toiminnot voidaan asettaa perustilaan. Tätä käytetään yleensä vikatilanteiden jälkeen.

VIANPOISTOSAHAN RESETOINTI	
RESETOI	
LINJAN RESETOINTI	
RESETOI	

Kuva 24. Resetointisivu.

## 8 YHTEENVETO

Viistesahan liikkeiden ohjaus onnistui todella hyvin. Liikkeiden paikoitustarkkuudet saatiin pienemmiksi kuin asiakkaan vaatima puoli millimetriä. Viistesahan toiminta on lähes täysin automaattinen, jolloin sen käytöstä muodostui erittäin yksinkertainen. Tämä vähentää huomattavasti käyttäjän tekemiä virheitä sahauksissa.

Takaisinkytketyillä oikosulkumoottoreilla saavutettiin riittävä paikoitustarkkuus. Näin ollen syntyi huomattava kustannussäästö servo-ohjaukseen verrattuna.

Työ oli todella mielenkiintoinen ja opinnäytetyön tekijälle erittäin hyödyllinen, tulevaisuuden projekteja silmällä pitäen.

## LÄHTEET

- Aura, L & Tonteri, A. 1996. Sähkökoneet ja tehoelektroniikan perusteet, Porvoo: WSOY.
- Industrial communications. 2008. [WWW-dokumentti]. Siemens osakeyhtiö. [Viitattu 10.7.2009]. Saatavissa: [http://www.automation.siemens.com/net/html\\_76/produkte/020\\_produkte.htm](http://www.automation.siemens.com/net/html_76/produkte/020_produkte.htm)
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähdetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy
- Kopponen, O 2003. Anturitekniikka. [Oppimateriaali]. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Teknologiateollisuus. [Viitattu 13.3.2009]. Saatavissa: <http://home.tamk.fi/~okopponen/page196pulssianturit.htm>
- Korpinen, L., Dahlström, J., Havunen, I., Isokorpi, J., Kiekko, T., Mikkola, M., Rautee, J., Vanhanen, J., Lehtelä, R., Luoma, L & Virolainen, L. 1998. Sähkökoneet. Epätahtimoottorin rakenne ja toimintaperiaate. [WWW-dokumentti]. [Viitattu 10.3.2009]. Saatavissa: [http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt\\_opus/10sahkokoneet\\_1osa.pdf](http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/10sahkokoneet_1osa.pdf)
- Lehtonen, M. 2004 a. Anturitekniikka. [Oppimateriaali] Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö. Tietotekniikka. Siirtymän mittaust. (Vain sisäisessä käytössä)
- Lehtonen, M. 2004 b. Säättötekniikka. [Oppimateriaali] Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö. Tietotekniikka. Säättötekniikan perusteet. (Vain sisäisessä käytössä)
- Niiranen, J. 1999. Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus, Helsinki: OTATIETO.
- S7-300 käsikirja. 2008. Siemens AG.
- SEW-Eurodrive. 2009. [WWW-dokumentti]. SEW-EURODRIVE OY. [Viitattu 20.8.2009]. Saatavissa: <http://www.sew-eurodrive.fi/produkt/A21.htm>
- SICK. 2000. [WWW-dokumentti] SICK Oy. [Viitattu 10.9.2009]. Saatavissa: [http://www.sick.fr/fr/t/documentations/fr0/fr4/fr.downloadelementpar.0004.filePdf.tmp/SHS170\\_E.pdf](http://www.sick.fr/fr/t/documentations/fr0/fr4/fr.downloadelementpar.0004.filePdf.tmp/SHS170_E.pdf)

Siemens Simatic käsikirja. 1994. Automaatiojärjestelmä S7-300. Versio 1. Siemens AG.

Simatic software. 2008. [WWW-dokumentti] Siemens osakeyhtiö. [Viitattu 3.7.2009]. Saatavissa:  
[http://www.automation.siemens.com/simatic/industriesoftware/html\\_76/products/step7-basis-sw.htm](http://www.automation.siemens.com/simatic/industriesoftware/html_76/products/step7-basis-sw.htm)

SKS Control 2006. Unidrive SP. [WWW-dokumentti]. SKS-Group Oy. [Viitattu 17.8.2009]. Saatavissa: <http://sksct.fi>

Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy. 2009. [WWW-dokumentti]. Suupohjan Teollisuusautomaatio Oy. [Viitattu 28.9.2009]. Saatavilla:  
<http://www.suupohjanteollisuusautomaatio.com/yritys.htm>

Sähkömoottori. 2009. [WWW-dokumentti]. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [Viitattu 25.8.2009]. Saatavilla:  
[http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical\\_engineering/articles/electrical\\_motor/Sivut/Default.aspx](http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/articles/electrical_motor/Sivut/Default.aspx)

Taajuusmuuttaja. 2009. [WWW-dokumentti]. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. [Viitattu 30.8.2009]. Saatavilla:  
[http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical\\_engineering/articles/inverter/Sivut/Default.aspx](http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/articles/inverter/Sivut/Default.aspx)

TEPA. 2009. [WWW-dokumentti]. Sanastokeskus TSK:n termipankki. [Viitattu 30.8.2009]. Saatavilla:  
<http://www.tsk.fi/tepa/netmot.exe?Ul=figr&height=166>

TTT-Käsikirja, 2007. [WWW-dokumentti]. ABB osakeyhtiö. [Viitattu 15.8.2009]. Saatavissa:  
[http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/viewunid/C46D5509D325D21AC225695B002FB07B/\\$file/180\\_0007.pdf](http://www02.abb.com/global/fiabb/fiabb255.nsf/viewunid/C46D5509D325D21AC225695B002FB07B/$file/180_0007.pdf)

## **LIITTEET**

Liite 1: Viistesahan käännön moottoripiirikaavio

Liite 2: Viistesahan sivuliikkeen moottoripiirikaavio

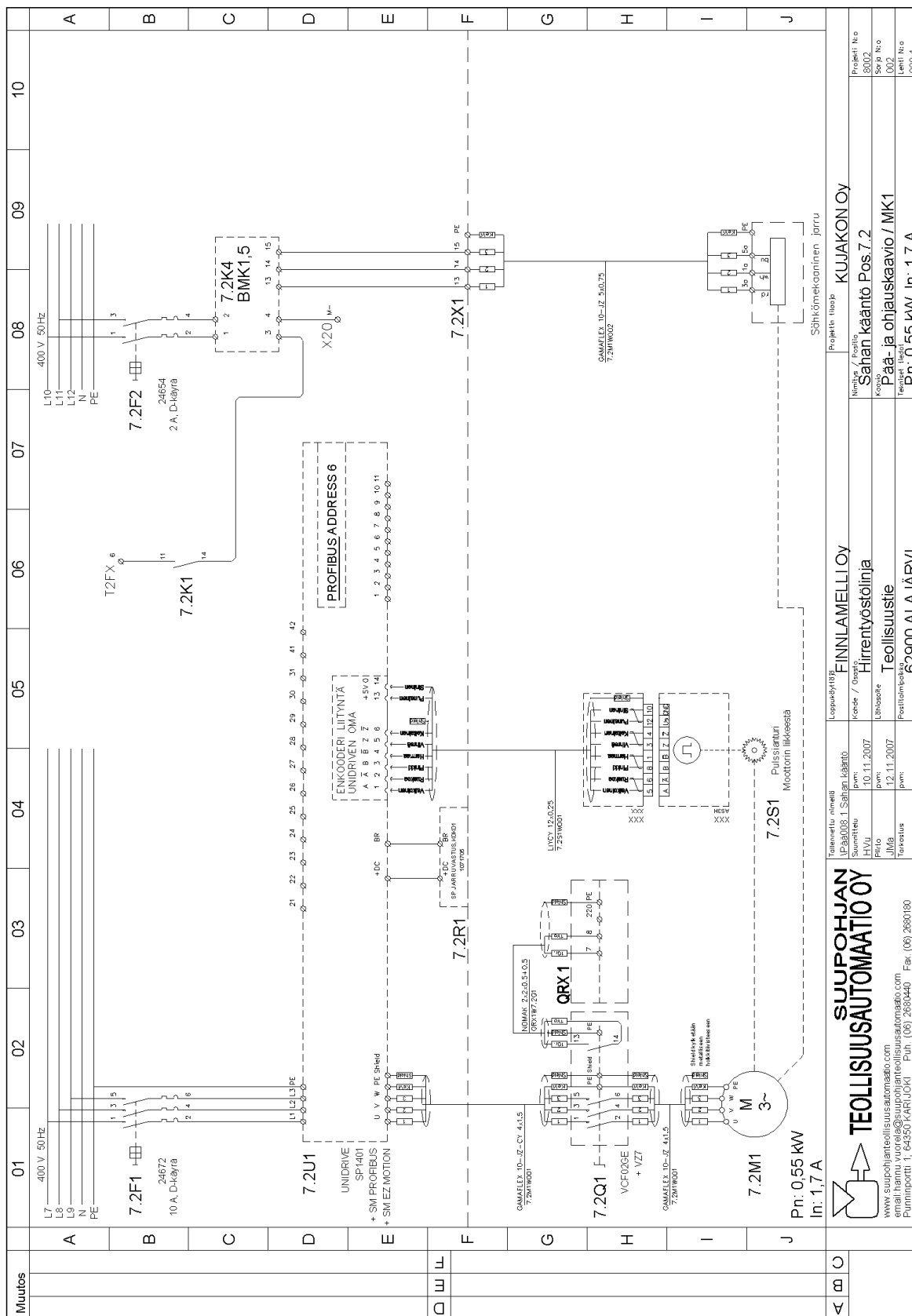
Liite 3: Viistesahan mittavasteen moottoripiirikaavio

Liite 4: Logiikan kokoonpanokuva

Liite 5: Kuva viistesahasta

Liite 6: Kuva viistesahan mittavasteesta

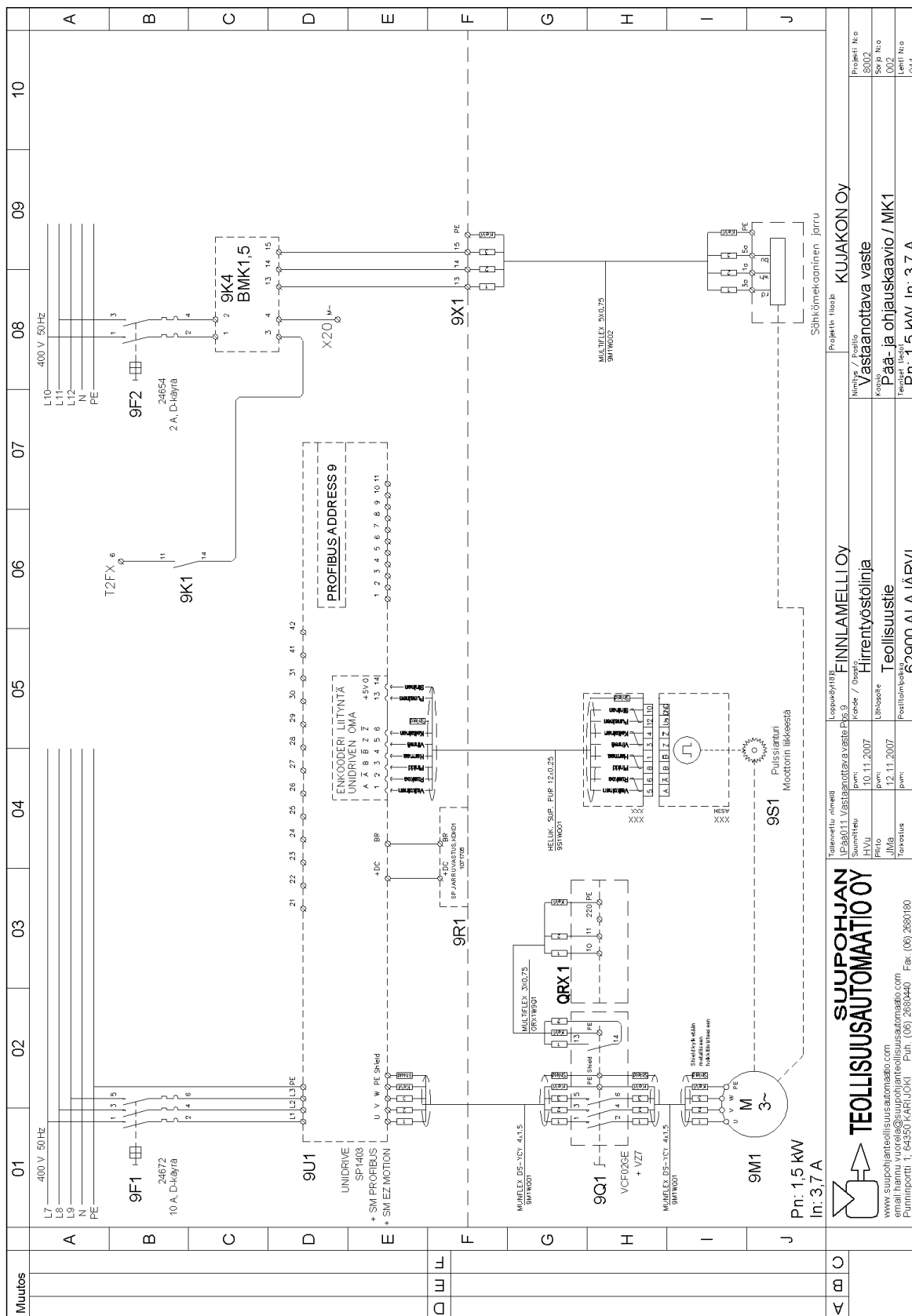
Liite 7: Kuva viistesahan ohjauspulpetista







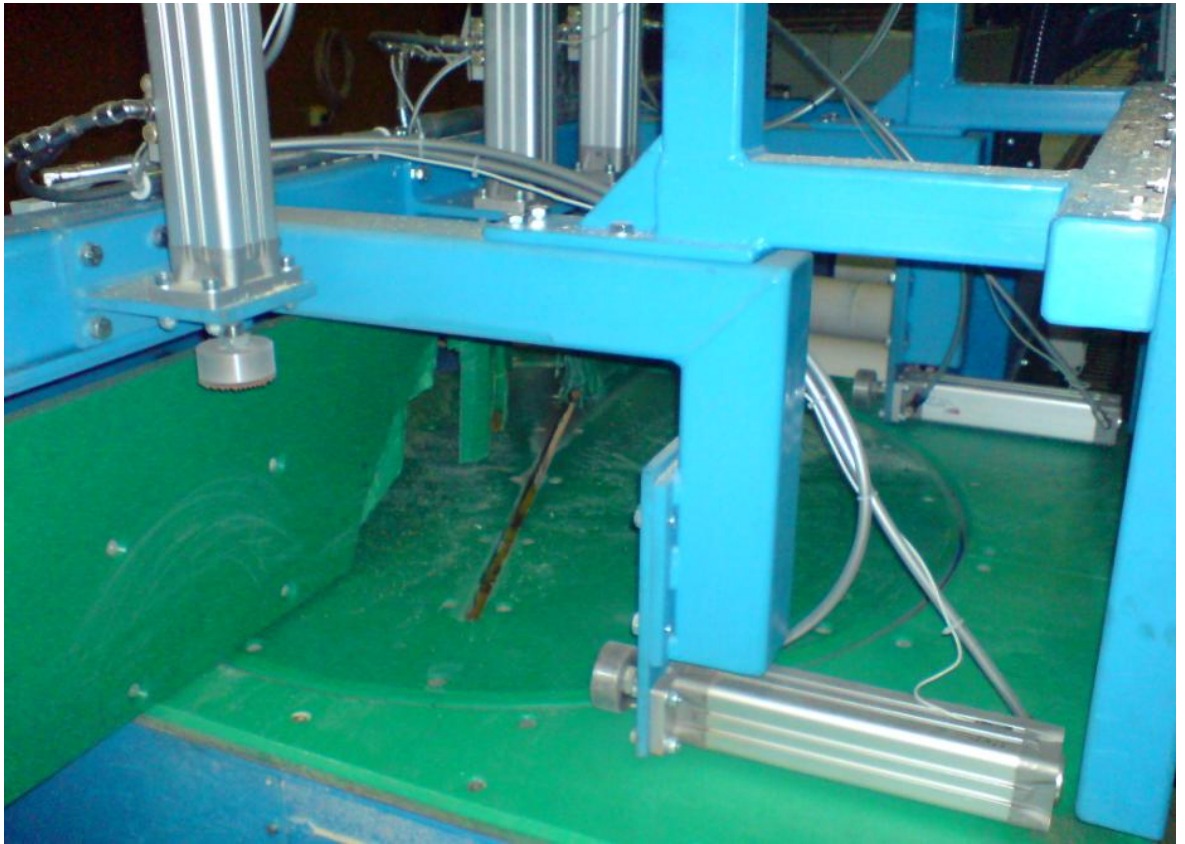
### Liite 3.



Muutos		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
A	D	Korttikehikko 1									
		Korttikehikko 0									
		LISÄKSI TARVITAAN:									
		- 1KPL 6ES7 953-8LF11-0AA0 MUISTIKORTTI 64KB									
		- 9KPL 6ES7 392-1AM00-0AA0 ETUPISTOKE 40-PIN.									
B	E	- 1KPL 6ES7 392-1AJ00-0AA0 ETUPISTOKE 20-PIN.									
		IN 20.0...23.7									
		IN 16.0...19.7									
		IN 12.0...15.7									
		IN 8.0...11.7									
C	F	IN 4.0...7.7									
		IN 0.0...3.7									
		OUT 256.0...271.0									
		OUT 256.0...271.0									
		IN 432.0...435.7									
D	G	OUT 32.0...35.7									
		OUT 28.0...31.7									
		OUT 24.0...27.7									
		IN 20.0...23.7									
		IN 16.0...19.7									
E	H	IN 12.0...15.7									
		IN 8.0...11.7									
		IN 4.0...7.7									
		IN 0.0...3.7									
		OUT 256.0...271.0									
F	I	OUT 32.0...35.7									
		OUT 28.0...31.7									
		OUT 24.0...27.7									
		IN 20.0...23.7									
		IN 16.0...19.7									
G	J	IN 12.0...15.7									
		IN 8.0...11.7									
		IN 4.0...7.7									
		IN 0.0...3.7									
		OUT 256.0...271.0									
H	A	OUT 32.0...35.7									
		OUT 28.0...31.7									
		OUT 24.0...27.7									
		IN 20.0...23.7									
		IN 16.0...19.7									
I	B	IN 12.0...15.7									
		IN 8.0...11.7									
		IN 4.0...7.7									
		IN 0.0...3.7									
		OUT 256.0...271.0									
J	C	OUT 32.0...35.7									
		OUT 28.0...31.7									
		OUT 24.0...27.7									
		IN 20.0...23.7									
		IN 16.0...19.7									

Lopetus / End		FINNLMELLI OY		KUUJAKON OY	
Tilaaja / Client		Kokonaan / Overall		Nimike / Excl	
Suunnitelma / Design		Hirrentyöstölinja		Logiikan kokoonpano	
HVL		10.11.2007		Koko	
Pila		12.11.2007		Koko	
JMA		Teollisuustie		Logiikkaavaio / MK1	
Tarkistus		Pöytäkirja		Tehot / Power	
		62900 ALAJÄRVI		Logiikkakortit ja niiden läristys	

Liite 5.



Liite 6.



Liite 7.

